

MATEI ALEXESCU

colectia

 cristal

LABORATORUL ASTROFIZICIANULUI AMATOR

EDITURA
ALBATROS

Volumul prezintă o suită de teme de un deosebit interes pentru amatorii cunoașterii bolzii cerești. Astfel, într-o manieră accesibilă, sînt oferite noțiunile necesare observării stelelor, planetelor, nebuloaselor etc., cu hărțile și indicațiile tabelare respective. De asemenea, sînt date detaliile pentru construcția unor instrumente optice de bază, cu mijloace proprii, precum și metode de sistematizare și de prezentare a datelor, folosind descrierile fenomenelor ce pot fi întâlnite în cercetările astronomilor amatori, fie în cercuri de specialitate, fie individual.

colectia  cristal

Lei 12

Coperta : GH. MARINESCU

Referent științific :

Dr. doc. VICTOR NADOLSCHI,

membru al Uniunii Astronomice Internaționale

MATEI ALEXESCU

**LABORATORUL
ASTROFIZICIANULUI
AMATOR**

Redactor : G. FOLESCU

Tehnoredactor : GABRIELA ILIOPOLOS

**BUCUREȘTI
1986**

editura  **albatros**

colecția  **cristal**

*Sofiei mele,
sprijin de nădejde în elaborarea
și definitivarea acestei cărți.*

Bacău, 1984—1985

Capitolul I

ASTROFIZICA — LEGI SIMPLE, FENOMENE COMPLEXE

Cînd în urmă cu mai bine de un deceniu am scris *Cerul, o carte pentru toți*, pornisem de la ideea că ar trebui să încerc să ofer astronomului amator, începător sau avansat, un material cît mai complet posibil și mai variat, pentru a-i arăta ce lucruri frumoase poate să realizeze, chiar dacă nu dispune de cine știe ce instrumente. În sensul acestei idei am căutat să subliniez faptul că o aparatură pretențioasă este utilă, fără îndoială, dar nu reprezintă cheia de boltă în formarea și satisfacerea înclinației spre cercetarea lumii astrilor. Totul depinde de modul în care *lucrează* amatorul — ce și cum observă, cum își sistematizează lucrările și cum le supune, în primul rînd, propriei sale analize critice.

În lucrarea de față încerc să înfățișez unele aspecte mai complexe pe care și astronomii amatori, ca nespecialiști, le pot totuși aborda. Nu zic că nu sînt mai dificile: dar aceasta nu înseamnă că ar fi și inabordabile.

Trebuie să subliniez încă de pe acum, că nu veți găsi aici lucruri despre care s-a mai scris și chiar în repetate rînduri: să nu căutați aici, de exemplu, nici descrierea sistemelor de coordonate astronomice sau explicații privind observarea vizuală a stelelor variabile și nici elemente simple de tehnică observațională sau construcții cu caracter minor. Căci dacă aș începe din nou să explic ce este aceea ascensie dreaptă sau magnitudine stelară aparentă, sau aș descrie modul de realizare a clasicei lunete avînd ca obiectiv o lentilă de ochelari, precis m-aș trezi — și pe drept cuvînt — cu reproșuri, cum că astăzi aveți un cu totul alt nivel de cunoștințe, că aveți alte posibilități, net superioare celor de acum un deceniu... De aceea, vom aborda împreună probleme mai complicate, a căror tratare sper să vă satisfacă și să vă ofere și ocazia unor realizări superioare, pe măsura dorințelor voastre. Evident, vor apărea și unele

repetări —, dar ele nu-și vor găsi locul aici decât în măsura în care vor fi strict necesare înțelegerii unor aspecte cu caracter inedit sau se vor impune pentru asigurarea unității de conținut. Astfel, dacă *Cerul, o carte pentru toți* a fost o carte de inițiere, *Laboratorul astrofizicianului amator* se vrea una de perfecționare.

Am să încep prin a sublinia că și în astronomie, ca de altfel în oricare alt domeniu, condiția fundamentală a desfășurării unei activități utile este aceea a seriozității, dublată de perseverență. Seriozitate, pentru că orice specialist, căruia îi veți prezenta observațiile și lucrările voastre, vă va considera ca atare; perseverență, pentru că drumul de urmat nu este nici scurt, nici ușor. Ce veți gândi despre un astronom amator din București care, vrînd să-și șlefuiască o oglindă de telescop, pentru a-și pregăti abraziile necesare, a măcinat cu ciocanul pietre de polizor, spălînd după aceea și decantînd sfîrîmăturile minuscule obținute — ca, în final, să obțină pulberile necesare? Lucrînd în medie cam două ore pe zi, astronomul-optician devenit ad-hoc „sfarmă-piatră” și-a realizat cele circa 3 kg de abraziți necesari cam în două luni de zile. Oglinda și-a șlefuit-o, telescopul și l-a construit și face cu el observații susținute, pe măsura eforturilor de la început... Și să vă mai dau un exemplu: este vorba de inventatorul unui tip de telescop care a revoluționat fotografia astronomică. Numele lui? Bernhard Schmidt (1878—1935). El a realizat piese de optică astronomică de o extraordinară finete, șlefuiind și retușînd oglinzi și obiective de 30, 40 sau 60 cm diametru. Poate nu ar fi ceva deosebit, dar gîndiți-vă că acest optician de excepție lucra numai cu mîna stîngă — cea dreaptă pierzînd-o cu mult timp înainte într-o explozie de laborator. Și atunci? ...

Este și acesta un bun exemplu de perseverență — nu credeți? Iată de ce vă spun de pe acum, ca și altă dată că, dacă vreți într-adevăr să obțineți rezultate cu adevărat utile, o dată ce vă simțiți atrași efectiv de problemele de astrofizică, apoi angajați-vă (bine înțeles, în limita timpului disponibil) cu toată seriozitatea într-o problemă sau alta din acest domeniu al cunoașterii: veți vedea — subiectele nu lipsesc...

Astrofizica. Termenul arată de la sine despre ce este vorba. Această ramură a astronomiei se ocupă deci de problemele fizice ale astrilor, de fenomenele și evoluția lor, considerîndu-i ca entități fizice în strînsă interdependență mutuală și cu mediul.

Abstracție făcînd de trimiterea unor sonde spațiale în imediata vecinătate sau chiar pe suprafețele unor aștri — ceea ce reprezintă încă un număr limitat de cazuri —, cercetarea astrofizică se bazează pe analiza ansamblului de radiații primit de la aștri. Pe de-o parte este vorba de radiațiile de natură electromagnetică — de la radiația X și gama la undele radioelectrice — emise de aștri prin fenomenele ce îi caracterizează; pe de altă parte, este vorba și de radiațiile corpusculare — protoni, electroni, neutroni, neutrini etc. — emise de aștri sau existînd în afara acestora, ca rezultat al proceselor evolutive caracteristice Universului. De aceea, astrofizica utilizează o aparatură destinată recepționării acestor radiații; cum însă, cu excepția Soarelui, cantitatea de unde electromagnetice și alte radiații primită de la aștri este extrem de redusă, receptorii utilizați au dimensiuni cît mai mari posibil, în timp ce utilajul final, montat pe receptori și care este destinat măsurătorilor și analizelor, este cît se poate de sensibil. De aici și legătura strînsă dintre astrofizică și tehnică, pentru obținerea unor parametri cît mai ridicați ai aparaturii utilizate.

Cu toată aparatura extrem de sensibilă utilizată, astrofizica se lovește de un impediment: atmosfera terestră. Venind din spațiul cosmic, înainte de a ajunge pe sol, radiațiile trebuie să traverseze atmosfera terestră — în multe cazuri chiar atmosferele astrilor de origine. Or, oceanul de gaze din jurul planetei noastre nu este transparent pentru oricare tip de unde electromagnetice, ci numai pentru cele care alcătuiesc spectrul vizibil (lumina) și ceva în afara acestuia, ca și pentru o parte dintre undele radioelectrice. Celelalte componente ale spectrului electromagnetic sînt fie absorbite, fie difuzate înapoi în spațiu. Este ca și cum privind un peisaj cu o coloratură variată, am utiliza un filtru — de exemplu, verde. În acest caz, tot ce are culoarea verde se va vedea foarte bine, în timp ce elementele roșii vor apărea negre —, radiațiile lor neputînd străbate filtrul. Dacă vreți, faceți o experiență: aprindeți un bec roșu și

privești-l printr-un filtru verde sau albastru închis: becul aproape că nu se va mai vedea. Iată motivul pentru care, în scopul obținerii de informații complete asupra astrilor, a fost necesară trimiterea de receptori adecvați dincolo de atmosfera terestră, la bordul rachetelor geofizice și cosmice, al sateliților artificiali și al navelor-satelit etc.

Să nu credeți cumva că avînd posibilitatea de a face observații numai de pe solul planetei noastre, rezultatele observațiilor voastre vor fi incomplete și... inutile! Lăsați-i pe cei care se ocupă de cercetări bazate pe aparatura trimisă în spațiu să facă așa ceva: ei nu se mai ocupă de ce faceți voi cu aparatele voastre plasate la sol. În schimb, rezultatele lor, împreună cu ale voastre și, bineînțeles, cu cele obținute de specialiștii care lucrează în observatoarele terestre sînt coroborate în marile unități de cercetare, sintetizate și analizate. Așa se lucrează în acest sfîrșit de secol XX, pentru a cunoaște cît mai mult, tot mai mult despre lumea infinită a astrilor. O astfel de colaborare a devenit o adevărată lege nescrisă, dar continuu aplicată în cercetare.

Vorbînd de legitatea astrofizicii, vă voi reaminti una din fizică, avînd un caracter fundamental în astrofizică: energia radiantă primită de la o sursă depinde de distanța sursei și anume:

$$\left(\frac{E_1}{E_2}\right)^2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \quad (1.1)$$

Aceasta înseamnă că un astru care emite aceeași cantitate de energie ca și un altul, ne va apărea de 4 ori mai puternic decît cel de-al doilea, dacă distanța sa este de două ori mai mică, sau de 9 ori mai slab, dacă distanța sa este de 3 ori mai mare etc.

De aici rezultă un aspect pe care îl veți găsi foarte pe larg (și frumos!) expus în /17/: este vorba de noțiunea de magnitudine aparentă, respectiv de magnitudine absolută. Și fără a repeta tot ceea ce este scris acolo, vă voi reaminti faptul că se definesc magnitudini aparente și absolute vizuale, fotografice, fotovizuale, bolometrice etc. De asemenea, din considerentele teoretice de fotometrie aplicată în astrofizică, rezultă și relația între magnitudinea aparentă, cea absolută și distanța:

$$M = m + 5 - 5 \lg d, \quad (1.2)$$

unde M este magnitudinea absolută, m — magnitudinea aparentă, iar d este distanța astrului considerat, exprimată în parseci.

După cum vedeți, nu am dat nici un indice magnitudinilor — vizuale (M_v sau m_v), fotografice (indicativ ph) sau fotovizuale (indicativ pv): motivul este acela că relația este valabilă indiferent de tipul de receptor utilizat la măsuri. Și tot aici vă voi reaminti că în sistemele moderne de fotometrie astronomică se utilizează fotometria în diferite radiații — ultraviolet (U), albastru (B), verde (V) etc. În acest sistem complex, magnitudinile B coincid practic cu cele fotografice, iar cele V , cu cele vizuale. Indicele c , definit prin relația

$$c = m_{ph} - m_v \quad (1.3)$$

este cunoscut sub numele de *indice de culoare*.

Vorbînd de legitatea fundamentală a astrofizicii, vă spun că fizica astrilor se bazează și pe numeroase legi din domeniul dinamicii gazelor sau din cel al fizicii nucleului atomic. Multe dintre acestea sînt extrem de simple, în pofida faptului că ele dirijează fenomene de o mare complexitate. Știți că legea gazelor perfecte stă la baza structurii interne a stelelor? Iar legea care exprimă legătura dintre substanță și energia radiantă:

$$E = mc^2 \quad (1.4)$$

descoperită și formulată de către Albert Einstein (1879—1955) este fundamentală în producerea energiei stelelor? Acesta este unul dintre cele mai complexe procese și definitoriu în însăși evoluția Universului astral, inclusiv în realizarea condițiilor de apariție și dezvoltare a formelor de viață — pe Pămînt, ca și la depărtări imense față de noi...

Din astfel de legi, cercetarea astrofizică a dedus și altele care fi sînt specifice. De exemplu, între raza și magnitudinea absolută a unei stele există relația:

$$\lg R = \frac{5.900}{T} - 0.20 M_c + 0.51, \quad (1.5)$$

unde R este raza stelei, exprimată în raze ale Soarelui; T — temperatura de suprafață, iar M_s — magnitudinea absolută vizuală a stelei. Și încă un exemplu: relația cu caracter de lege dintre masa și luminozitatea unei stele. Exprimată sub forma generală:

$$\lg M_s = 0,590 - 0,1194 M_{bol}, \quad (1.6)$$

unde M_s este masa stelei și M_{bol} — magnitudinea absolută bolometrică, relația capătă în detaliu, pentru diferitele clase fundamentale de stele expresiile:

$$L \sim M^{10/3} \quad (1.7)$$

pentru stelele supergigante;

$$L = 1,1 M^{3,92} \quad (1.8)$$

pentru stelele de clase spectrale de la O la G4, din seria principală;

$$L = 0,4 M^{2,29} \quad (1.9)$$

pentru stelele de clase spectrale G7 la M, tot din seria principală.

Toate aceste relații au fost stabilite pe baza studierii obiective a lumii materiale, a realităților existente în natură, fără idei preconceptuate generate printr-o gândire abstractă, lipsită de bază faptică. Orice nouă lege, formulată prin sintetizarea datelor observaționale, este verificată prin previziuni făcute pe baza ei și numai după o astfel de verificare repetată, ea este trecută în patrimoniul definitiv al cunoașterii. Și chiar la scara cercetărilor voastre, nu formulați niciodată concluzii fără prealabile verificări: riscați să emiteți teze eronate, care nu vor contribui deloc la creșterea prestigiului vostru, ci dimpotrivă !!

V-am amintit, prin aceste considerente, câteva elemente de care veți avea nevoie deseori; și chiar dacă aplicația lor practică la nivelul cercetărilor voastre nu va fi chiar imediată, vom avea ocazia să ne oprim destul de mult asupra elementelor de strictă aplicativitate. În orice caz, mă voi opri aici cu aceste considerații, elementele teoretice recomandându-vă să le căutați în bibliografia pe care am indicat-o la finele acestui volum. Acum însă cred că ar fi mult mai potrivit să discutăm puțin pe marginea unei

probleme care mi-a fost pusă de foarte multe ori — mai ales acum cînd astronautica a intervenit în sprijinul astrofizicii, cu o deosebită eficiență. Este vorba despre ceea ce pot face astronemii amatori, mai ales în condițiile în care dotarea lor instrumentală nu este prea importantă. Altfel spus, cum poate amatorul să desfășoare o activitate utilă astronomiei în epoca sondelor spațiale?

Răspunsul nu este chiar așa ușor de dat. Aceasta nu din cauză că astronomul amator nu ar avea ce aduce nou, ci dimpotrivă, lucrînd sistematic și în direcțiile care îi sînt accesibile, are o mulțime de posibilități. Stele variabile, comete, stele duble și multiple, planete, ... iată doar o parte dintre subiectele — exprimate sub forma lor cea mai generală — pe care le poate aborda. Și iată două direcții fundamentale pe care se poate angaja: 1) fotometria astrală; 2) dinamica, considerată ca fenomen fizic în astronomia stelară, respectiv în fizica unor planete.

Din acest punct de vedere, vă dau două exemple. Unul se referă la faptul că, studiînd diferite stele variabile sau căutînd exclusiv comete, numeroși aștri de acest tip au fost descoperiți în ultima vreme de către astronomi amatori. Astfel, Rolf Meier (Canada) a descoperit trei comete, iar Minoru Honda (Japonia) a descoperit patru. Recordul îl deține însă australianul William Bradfield, care, utilizînd un instrument simplu, dar de mare luminozitate, ca urmare a sistematizării și perseverenței căutărilor sale, a descoperit nu mai puțin de 12 comete în timp de circa 10 ani.

Cel de-al doilea exemplu se referă la observațiile sistematice efectuate tot de astronomi amatori, asupra celebrei *Pete Roșii* de pe planeta Jupiter. Utilizînd telescoape nu prea mari — în jur de 200—300 mm diametru —, aceștia au reușit să determine sensul și viteza de rotație a maseilor de gaze care constituie această formație a atmosferei joviene. Rezultatele obținute au fost confirmate pe deplin de datele furnizate ulterior de sondele spațiale „Voyager” 1 și 2, care au survolat planeta. Oare nu credeți că asemenea exemple sînt de natură să determine veritabile pasiuni?

Fără îndoială că pentru astfel de lucrări sînt necesare instrumente; mai ales că în fotometrie se aplică extrem de mult fotografia. Dar și noi, am cam trecut de mult de

perioada observațiilor efectuate exclusiv pe cale vizuală ; în al doilea rând, cei mai mulți amatori, care s-au ilustrat, cum spuneam mai sus, și-au construit singuri instrumentele de observație. De aceea, va trebui și noi să ne construim o serie de instrumente, destinate observațiilor vizuale și fotografice. Și chiar așa stînd lucrurile, nu cred că greșesc dacă voi afirma că și realizarea de instrumente se încadrează, într-un sens, în astrofizică...

Astfel, în condițiile actuale obișnuite, aveți posibilități vaste de a aplica metodele fundamentale ale astrofizicii — observația vizuală și cea fotografică. Mai mult, poate că unii dintre voi, fiind bine pregătiți în domeniul electronicii, se vor gândi și la radioastronomie. Posibilități există —, dar complicațiile fac ca această metodă să fie numai apajul unor colective foarte bine utilizate. Gîndiți-vă că un receptor radioastronomic trebuie în primul rînd să lucreze în domeniul undelor cu lungimi de 1—10 m ; în al doilea rînd, sensibilitatea sa trebuie să fie de zeci și zeci de ori mai mare decît aceea a receptoarelor obișnuite, iar zgomotul de fond să fie redus la minimum. În al treilea rînd, indiferent de tipul antenei — cupă, YAGI sau altul — ea trebuie să aibă asigurată o degajare corespunzătoare, fiind instalată și departe de sursele de paraziți radio de natură industrială. Cam prea multe condiții ca să poți înregistra undele radioelectrice emise de Soare, de planeta Jupiter sau de radiosursa Cassiopea A... Poate mai tîrziu, ne vom ocupa și de o astfel de problemă : pînă atunci să ne concentrăm atenția asupra modalităților de exploatare rațională și plenară a posibilităților curente.

Ajunși aici, să vă mai fac o recomandare. Lucrînd cu diferențe infime de luminozitate, respectiv cu măsuri de fracțiuni de secundă de arc, toate construcțiile noastre vor trebui să fie foarte corect executate, fără nici un fel de rabat de calitate. Dacă în cazul lunetelor mici mai mergea (și totuși, nu prea !) să facem niște montaje improvizate, cu tuburi de carton și pene de hîrtie, în cazul construcțiilor pe care le vom descrie trebuie să aplicați soluțiile date aici, sau unele de nivel superior — totul depinzînd și de spiritul vostru creator. Aceasta nu înseamnă însă inovații cu caracter simplist, menite să vă dea doar posibilitatea

evitării unor dificultăți. Așa că, dacă veți găsi menționate cifre de zecimi de milimetru, nu neglijați aceste fracțiuni — tot așa după cum unghiurile indicate trebuie să le realizați la măsuri precise, nu după ochi !

Nu contest faptul că în construirea aparaturii veți înfrîmpa niște dificultăți : și eu am lucrat 3 ani la un telescop de 150 mm diametru și lucrez și acum, după doi ani de muncă efectivă, la o oglindă de 265 mm diametru ! Veți avea probabil probleme în legătură cu uzinajul unor piese. De aceea se reliefează necesitatea activității de grup, coordonat și patronat de cadre de specialitate — profesori, maistri-instructori etc. —, care vă pot ajuta mult în rezolvarea unor asemenea probleme. Dacă observația individuală este uneori chiar recomandată — pentru ca observatorul să nu fie influențat în rezultatele sale de cele ale altor observatori — în realizarea instrumentelor și aparatelor necesare se impune o strînsă conlucrare, o activitate colectivă. Mai mult, apelați la resursele oferite de atelierele școlare, la posibilitățile unor ateliere aflate în cadrul liceelor industriale —, deci la sprijinul unor colegi și prieteni de-ai voștri care învață în astfel de licee. În fond, puneți-vă problema că realizați niște instrumente pe care le veți utiliza ani și ani de zile, că și alții se vor folosi de ele, bazîndu-se cu toată încrederea în corectitudinea aparaturii realizate de voi. De aceea, vă puteți lansa în acțiuni constructive mai dificile, dar nu fără a cîntări mai întîi cu toată atenția posibilitățile de care dispuneți și fără să discutați și cu alți colegi și prieteni de-ai voștri problemele care vor apărea la început și pe parcurs. Este — v-o spun dintr-o experiență de peste patru decenii și vă rog să mă credeți — cheia pentru reușită.

Un ultim cuvînt în acest capitol cu caracter de introducere.

La finele volumului veți găsi indicată o bibliografie destul de bogată. Ea nu trebuie neglijată cîtuși de puțin, dat fiind faptul că în aceste pagini, nu pot lua fiecare element de la început : ar trebui să scriu pe puțin 1 000 de pagini ! După cum ați putut remarca, am și apelat la unele cunoștințe presupuse ca fiind dobîndite anterior. Alte lucrări însă, vă vor furniza datele necesare observațiilor ; din acest

punct de vedere, pe locul întâi se situează *Anuarul astronomic*, elaborat și publicat cu regularitate de către Centrul de Astronomie și Științe Spațiale din București. De asemenea (fără să apară în bibliografie !), nu ezitați să consultați cadrele de specialitate din complexe și observatoarele astronomice populare — unități care dispun de numeroase posibilități observaționale și demonstrative.

În principiu, observația astrofizică se reduce la măsurări de intensități luminoase și de poziții, ordonate în timp. De exemplu, când faceți desenul unei planete, evaluați și reproduceți intensitățile luminoase ale detaliilor observate — deci evaluări fotometrice, cărora le atașați data și ora observării lor. Același lucru îl faceți în esență și atunci când căutați să determinați, prin comparații, magnitudinea unei stele variabile sau a unei comete, la un moment dat. Însă când fotografiați fazele unei eclipse parțiale de Soare, interesul rezidă în determinarea pozițiilor discului Lunii în raport cu discul Soarelui — ca și atunci când măsurați poziția unei comete sau a unui asteroid pe un clișeu, în raport cu diferitele stele apărute pe imagine și ale căror poziții sînt precis cunoscute. Aceste măsuri de poziție sînt utilizate, în mod curent, în domeniul mecanicii cerești — ca poziții ale unor puncte materiale ; dar ele au și un interes pur astrofizic, în vederea studiului fenomenelor astrului respectiv în raport cu Soarele sau, în general, în timpul mișcării sale prin spațiul interastral, ca urmare a interdependenței dintre astrul în cauză și diferitele radiații și câmpuri prezente peste tot cu intensități variabile.

Astfel, preocuparea voastră pentru observațiile astrofizice trebuie să se concretizeze mai întâi în scopul formării și educării ochiului, adică spre sporirea capacității sale de evaluare cît mai corectă a diferențelor de strălucire — deci în ce privește fotometria vizuală —, pe de-o parte ; pe de altă parte, spre realizarea unor instrumente și aparate care să vă permită măsurarea unor dimensiuni în plan cît mai mici și cu o precizie cît mai ridicată. Am clarificat în acest mod, în puține cuvinte, esența observației astrofizice : exprimarea luminozităților și pozițiilor, în funcție de timp.

Poate unii dintre voi își vor exprima o nedumerire: bine, dar cele spuse nu clarifică practic deloc ce anume trebuie să observăm pe Lună sau pe Soare, nici ce este mai important și interesant la planete sau la stele variabile!?

Desigur! Nu am spus absolut nimic cu privire la subiectele concrete ale observațiilor voastre astrofizice, în afară de ceea ce era... esențial! În același timp, deocamdată nu vom vorbi despre așa ceva — mi-am propus aici să vă ajut într-o direcție deosebită și anume, în alegerea generală a domeniilor și direcțiilor de activitate. De acord cu oricare dintre voi că o asemenea alegere depinde de preferințele, de posibilitățile și de condițiile de spațiu și timp ale fiecăruia. Dar socotesc totuși că e bine să caut să vă feresc de triste experiențe, cu totul nedorite. Iată, ca exemplu, poate unii dintre voi, fascinați de astrofizica sistemelor extragalactice, s-ar gândi la studierea citorva stele variabile situate în... galaxia spirală M.31 din constelația Andromeda. Dar cum poți măcar să începi așa ceva, dacă nu ai un instrument de cel puțin 50—60 cm diametru, plasat undeva departe de lumini parazite și într-o zonă de extremă puritate atmosferică? Sau cum să te apuci de elaborat teorii cosmogonice, dacă tu încă te lupți cu bazele algebrei și mecanicii raționale și nu ai cunoștințe suficiente de dinamica sistemelor mari și de hidrodinamică? Astfel că opțiunile voastre pentru un domeniu sau altul, ar trebui să le faceți după un timp oarecare; ele trebuie să fie făcute în perfectă cunoștință de cauză și în raport cu toate condițiile. Dacă numai o activitate sistematică și perseverentă poate furniza rezultate de valoare, această activitate trebuie să se desfășoare într-o direcție în care să aveți nu numai mijloacele necesare, dar și un larg orizont de cunoștințe.

Veți găsi în multe cărți principiile generale care stau la baza fotometriei stelară și grație cărora s-au putut defini diferite scale de magnitudini, aplicabile oricărui astru, inclusiv sateliților artificiali și altor obiecte cosmice de aceeași factură. În această ordine de idei, sînt sigur că știți că cele mai palide stele observabile cu ochiul liber sînt cele de magnitudinea 6^m — cu mici variații, depinzînd de acuitatea vizuală a observatorului, ca și de transparența cerului.

Un instrument astronomic — binoclu, lunetă, telescop — este, din acest punct de vedere, un *colector de lumină*: obiectivul său, ca urmare a ariei considerabil mai mari decît aceea a irisului uman, adună mai multă lumină, pe care o concentrează în ochi sau pe placa fotografică. De aceea, instrumentele sînt capabile să facă observabile stele cu magnitudini mult mai slabe decît cele accesibile ochiului liber. De exemplu, față de magnitudinea 6^m, vizibilă la limită cu ochiul liber, un binoclu cu obiective de numai 30 mm diametru vă poate arăta stele de magnitudinea 9^{m,4}—9^{m,6}, iar un telescop de 200 mm diametru permite observarea stelelor de magnitudinea 13^{m,5}—13^{m,6}. O formulă simplă pentru calculul magnitudinii limită observabilă cu un instrument avînd diametrul de D mm este următoarea:

$$m = 2^m,1 + 5 \lg D, \quad (2.1)$$

iar una mai exactă este cea dată de astronomul Ira Bowen:

$$m = 5^m,5 + 2,5 \lg D + 2,5 \lg G, \quad (2.2)$$

unde D este diametrul obiectivului exprimat în centimetri, iar G este grosismentul utilizat. De remarcat însă faptul că se recomandă ca G să nu depășească 1,5 D_{mm} — adică un grosisment optim, dedus din practica observațiilor.

Observația astrofizică a detaliilor discurilor planetare sau a celor de pe alți aștri presupune și ea respectarea anumitor criterii. Astfel, știind că puterea măritoare — grosismentul — unui instrument astronomic este dată de raportul dintre distanța focală a obiectivului și cea a ocularului (F , respectiv f) și că aceasta asigură perceperea detaliilor, cineva ar putea spune: iau un obiectiv cu distanța focală $f=2\,000$ mm și îi atașez un ocular cu $f=2$ mm, obținînd un grosisment de 1 000 de ori. Teoretic, sînt perfect de acord — calculul este corect. Numai că aici intervin două criterii și anume: 1) puterea separatoare; 2) luminozitatea obiectivului considerat.

Într-adevăr, optica ondulatorie arată că un obiectiv avînd un diametru dat nu poate separa, adică nu poate arăta distinct două puncte, decît dacă distanța lor unghiulară are o anumită valoare limită care, în condiții optime se calculează prin:

$$\rho'' = \frac{12''}{D_{cm}} \quad (2.3)$$

unde ρ'' este valoarea unghiului, iar D_{cm} este diametrul obiectivului exprimat în centimetri. Aceasta înseamnă că un obiectiv cu diametrul de 12 cm poate separa două puncte între care distanța unghiulară ρ'' este de $1''$; dacă obiectivul are 20 cm diametru, $\rho'' = 0'',6$, iar dacă acesta măsoară numai 5 cm diametru, atunci $\rho'' = 2'',4$. De aici se vede că, oricât amări grosismentul, puterea separatoare rămâne aceeași — deci detaliile observabile cu unul și același obiectiv sînt unele și aceleași, indiferent de grosisment.

În funcție de puterea separatoare ajungem la noțiunea de grosisment rezolvant, adică puterea minimă necesară pentru sesizarea tuturor detaliilor imaginii focale. Astfel, pentru ca ochiul să poată sesiza două puncte, distanța lor unghiulară trebuie să fie de minimum $60'' = 1'$. De aici, putem calcula grosismentul rezolvant:

$$g_r = 60 \frac{D_{cm}}{12} = 5 D_{cm} = R_{mm}, \quad (2.4)$$

unde R_{mm} este raza obiectivului exprimată în milimetri. Aceasta înseamnă că orice grosisment superior lui g_r nu oferă vizibilității detalii suplimentare; mai mult, creșterea nemăsurată a grosismentului, duce la scăderea considerabilă a luminozității astrilor observați, ca și la instaurarea unei neclarități tot mai evidente. Fără a extinde aici teoria, vă spun că grosismentul util este egal cu diametrul obiectivului exprimat în milimetri, iar grosismentul maxim util este egal cu dublul diametrului exprimat în milimetri. Astfel, un obiectiv de 50 mm diametru va putea măări, util, de cel mult 100 de ori, iar unul de 150 mm diametru, va putea fi folosit cu circa 300 de ori grosisment. Numai în cazuri destul de rare — instrumente foarte bune, atmosferă perfect liniștită — se poate ajunge la $2,5 D_{mm}$. Iată motivele pentru care instrumentele mai mari sînt mai eficiente decît cele mici. De exemplu, abstracție făcînd de condițiile atmosferice, un telescop de 30 cm diametru va furniza imaginea unei planete observată cu $600 \times$, cu aceeași luminozitate ca un telescop de 10 cm diametru, dotat cu

un grosisment de $200 \times$. Primul va asigura, în plus, o putere separatoare de $0'',4$, în timp ce al doilea nu va arăta detalii decît de $1'',2$.

Pînă aici, toate sînt bune și frumoase: ne vom strădui să realizăm un instrument cît mai mare posibil. Numai că, toată teoria aceasta, perfectă în condiții de laborator este puțin... dată peste cap de ceea ce astronomii numesc *turbulența atmosferică*. Despre ce este vorba vom arăta imediat — mai ales că vă interesează în mod direct.

Indiferent de plasarea lor, toate observatoarele astronomice de pe sol se găsesc pe fundul oceanului atmosferic — înveliș gazos de multe sute de kilometri grosime și în continuă agitație — mai mare la nivelul mării și în vecinătatea acestuia și mai mică pe măsură ce altitudinea crește. Lăsăm de-o parte și acțiunea filtrantă a atmosferei care provoacă, după cum am spus, o serie de neajunsuri.

Mișcările locale ale gazelor atmosferei, chiar în interiorul instrumentelor (turbulența instrumentală) fac ca razele de lumină venite de la astri să fie continuu deviate pe diferite direcții: scintilația (sclipirea) stelelor este o consecință imediată a acestor mișcări. Cu atît mai mult, în cazul observațiilor telescopice, aceste mișcări sînt amplificate de sute de ori — după grosisment —, fiind sesizate ca alterări ale imaginilor — de la ușoare ondulații lente ale conturului Lunii, planetelor sau Soarelui, pînă la o adevărată „fierbere” a imaginilor care face ca detaliile mai fine să devină complet inobservabile. Acestea sînt efectele directe ale turbulenței atmosferice, față de care nu există decît două remedii: să se schimbe locul observației, prin plasarea instrumentelor pe mînti (dar și aici, în anumite condiții), ori să se reducă grosismentul utilizat, indiferent de diametrul obiectivului, pentru ca efectele turbulenței să devină mai puțin supărătoare. În tabelul 2 din anexe este dată clasificarea turbulenței, observată pe stele, pentru a putea recunoaște ușor gradul acesteia și a o putea nota la observații.

Pare curios la prima vedere, dar teoria și practica arată că, în condițiile unei turbulențe atmosferice medii date, mai afectate sînt instrumentele cu diametre mai mari decît cele mai mici. Astfel, într-un loc dat, un telescop de 60 cm diametru ar putea fi utilizat cu plin randament ($g = 2 D_{mm}$) cam 2—3 nopți pe an, în timp ce un alt telescop, să zicem

de 20 cm diametru, ar putea fi utilizat cu tot randamentul său 80—90 de nopți pe an. Evident, mă refer aici la observațiile vizuale sau fotografice efectuate asupra Soarelui, Lunii și planetelor — cele efectuate asupra stelelor nefiind afectate decât în cazul observațiilor de stele duble și multiple, unde sînt necesare grosisme mari.

S-ar putea vorbi mult pe marginea acestor considerente. Mă voi limita însă doar la cîteva sfaturi — dacă pot spune așa —, rezultate din practica de peste 40 de ani, timp în care am făcut observații cu instrumente variate, de la 5 la 50 cm diametru și chiar mai mari.

Pentru astronomul amator care se consacră observațiilor solare, o lunetă sau un telescop de 80—100 mm diametru este mai mult decât suficient. El va trebui să lupte doar împotriva excesului de lumină (și voi arăta cum) și împotriva turbulenței — în special a celei instrumentale. În schimb, cel ce vrea să facă observații sistematice asupra Lunii și planetelor, va trebui să dispună de un instrument de cel puțin 150 mm diametru; ideal însă pentru asemenea observații este un telescop de 200—250 mm diametru, utilizabil în condiții obișnuite — curte, terasă, balcon mai mare. El este perfect adecvat atât observațiilor vizuale, cît și fotografice. Este de la sine înțeles că mă refer la instrumente de calitate optică și mecanică corespunzătoare: nu orice piesă optică are calitățile necesare. Iar cît privește pe astronomul amator care se consacră studiului stelelor variabile sau căutării sistematice de comete, indiferent de diametru — de la 70—80 mm în sus —, el va avea nevoie de un instrument de mare luminositate, adică de instrumente ale căror rapoarte între distanța focală și diametru (raportul F/D) să nu fie mai mari de 4—6. Explicația rezidă în aceea că pentru astfel de observații, important este nu grosismul — inexistent în cazul observațiilor fotografice — și care în cazul observațiilor vizuale nu trebuie să fie mai mare de $1/4$ — $1/3$ D_{mm} , ci luminositatea, strălucirea imaginilor stelare și viteza de înregistrare a acestora în cazul fotografiilor.

Iată deci cîteva criterii în alegerea instrumentelor celor mai convenabile, potrivit genului de observații pe care vreți să-l practicați. Se poate găsi totuși și un compromis — un instrument care să fie oarecum universal, putînd fi utilizat cu succes în mai toate genurile de observații; vom reveni

asupra acestui aspect. Dar acum, în funcție de subiectele de observație către care se vor îndrepta preferințele voastre, mai avem cîteva lucruri de discutat — în special în ce privește tehnica observațiilor.

Să pornim de la imaginea furnizată de obiectiv, indiferent că avem la dispoziție o lunetă sau un telescop — elementele sînt identice.

În funcție de luminositatea obiectivului, adică raportul F/D , în planul focal principal, pe unitatea de suprafață este etalată o anumită cantitate de lumină și anume, cu atît mai mare cu cît raportul F/D este mai mic. Mărid dimensiunile aparente ale imaginii, ocularul reduce luminositatea pe aceeași unitate de suprafață — deci aștrii cu o arie apreciabilă (cu excepția Soarelui), vor apărea cu atît mai puțin luminoși, cu cît grosismul este mai mare. De aici, două concluzii: 1) diametrul unghiular al cîmpului de observație, pe cer, este invers proporțional cu grosismul; 2) luminositatea Lunii și planetelor, a cometelor și nebuloaselor scade pe măsură ce crește grosismul. De aceea, totdeauna la observarea aștrilor cu strălucire superficială mică — comete, nebuloase — se utilizează ocularele cele mai slabe, adică acelea care asigură un cîmp de observație mare și o luminositate ridicată; acest lucru este valabil și în cazul observării stelelor variabile, pentru cuprinderea în cîmp și a stelelor de comparație. Dar cît este acest grosism minim?

Teoria arată că grosismul unui instrument astronomic poate fi calculat nu numai prin raportul distanțelor focale ale obiectivului și ocularului, ci și prin acela al diametrului liber al obiectivului și cel al cercului ocular: imaginea acestuia o putem obține îndreptînd ziua instrumentul spre fondul cerului și plasînd un mic ecran de hirtie albă, imediat în spatele ocularului. La o anumită distanță de ocular (5—7 mm), vom observa o imagine circulară netă, bine conturată și uniform luminată — este cercul ocular. Nu este greu de dedus că diametrul cercului ocular, prin care trec toate razele de lumină primite de la obiectiv, trebuie să fie cel mult egal sau mai mic decât al irisului, pentru ca toată lumina trimisă de obiectiv să ajungă în ochi. În întuneric, acesta atinge 6 mm, deci grosismul minim corespunzător este

punde la o valoare egală cu $1/6$ din diametrul obiectivului, exprimat în milimetri.

În cazul Lunii și planetelor, problema se pune cum spunem mai înainte: avem nevoie de un grosisment minim de cel puțin R_{mn} , pentru a putea observa toate detaliile furnizate de obiectiv — grosismentul utilizat în practică fiind chiar mai mare: $2-2,5 D_{mn}$. Vom începe deci observațiile cu oculare mai slabe și vom trece la grosismente superioare prin schimbarea ocularilor, în funcție de turbulență.

În lumea observatorilor de planete se vorbește de planete „dificile” și planete „ușoare”: este vorba de faptul că cele dificile pot fi studiate mai ușor cu oculare mai slabe decât celelalte, în condiții egale de turbulență, ca urmare a contrastului redus al detaliilor, al culorilor dominante etc. Iată motivul pentru care, în tabelul 2.1 de mai jos, unde am indicat grosismentele minime și maxime pentru diferite diametre, am dat și valorile optime pentru observarea planetelor principale.

Tabelul 2.1
Grosismente utile — Observații vizuale

Diametrul obiectivului [mm]	Măgăritudine limită	Grosisment			Grosismente utile la observarea planetelor				
		minim	maxim	optim	Mercur	Venus	Marte	Jupiter	Saturn
50	10 ^m ,6	10	125	75	—	100	125	100	125
80	11,6	16	200	120	150	120	200	150	150
100	12,1	20	250	150	200	150	225	150	150
150	13,0	30	375	225	250	200	300	180	150
200	13,6	40	500	300	300	250	400	220	200
250	14,1	50	675	400	350	300	500	260	280

Veți fi remarcat cu siguranță că pentru grosismentele minime am adoptat un diametru maxim al cercului ocular, nu extrem — 6 mm —, ci numai 5 mm, considerând că

această valoare este totuși recomandabilă pentru orice ochi. Continuând însă cele începute, despre observațiile vizuale mai sînt cîteva lucruri de spus — determinarea magnitudinilor stelor variabile, tehnica observațiilor planetare, solare și de Lună; vom vorbi despre unele dintre ele mai tîrziu. Deocamdată însă să discutăm ceva mai pe larg despre observațiile fotografice — fotografia focală și cea cu amplificare, aplicabilă în cazul fotografierii planetelor, ca și în cea a Soarelui și Lunii, după scopuri.

Nu este necesar să argumentez prea mult pentru a dovedi faptul că fotografia reprezintă una dintre căile cele mai importante pentru cercetarea universului astral. Ea este, în primul rînd, obiectivă; în al doilea rînd ea furnizează practic instantaneu, un ansamblu de informații fotometrice și de poziție pentru toate categoriile de aștri, pe care observația vizuală nu le-ar putea obține decît în zeci și sute de ore de observații; în al treilea rînd, ea conservă indefinit aceste informații, al căror studiu poate fi reluat oricînd, și de fiecare dată cînd este necesar, de către oricine.

Chiar dacă în marile observatoare astronomice se utilizează deseori pelicule și plăci fotografice cu emulsii sensibile specializate, să știți că și pelicula curentă este foarte potrivită fotografiei astronomice. Singura rezervă o reprezintă fotografia solară, care necesită o peliculă cît mai puțin sensibilă — 3 pînă la 5 DIN —, adică peliculă tip diapozitiv, care se bucură și de un contrast excesiv, dar extrem de convenabil pentru... lipsa de contrast a petelor solare. Astfel, fotografierea planetelor și Lunii poate fi practică cu deosebit succes pe peliculă curentă de 17—21 DIN, în timp ce fotografierea nebuloaselor, a cometelor și cîmpurilor stelare necesită o peliculă cît mai sensibilă posibil — 27 DIN și chiar mai mult —, ca urmare a strălucirii lor reduse. Vom mai vorbi pe parcurs și despre revelatoarele cele mai potrivite și unele procedee specializate destinate ameliorării rezultatelor; pînă atunci să vă vorbesc puțin despre scala imaginilor, necesitatea amplificării acestora la fotografiere — altă amplificare decît cea de laborator —, pe scurt, despre geometria fotografiei astrale.

În principiu, orice aparat fotografic poate fi utilizat pentru fotografia astronomică. Chiar și în lipsa oricărui

instrument de observație se poate practica fotografia stelară, utilizând în acest scop, aparatul fotografic obișnuit, pentru peliculă de 60 sau 35 mm. Iată aici, pentru câteva tipuri de obiective fotografice uzuale, dimensiunile unghiulare ale ariei fotografiate pe un clișeu de 35 mm (format 24×36 mm).

Distanța focală (în milimetri)	Cîmp extrem (în grade)	Distanța focală (în mili- metri)	Cîmp extrem (în grade)
28	46×65	135	10×15
50	27×40	200	7×10
100	14×20	300	5×7

În cîmpuri de asemenea dimensiuni este de cea mai mare importanță să știm ce magnitudine limită avem, pentru diferite obiective, ca și durata maximă de expunere, — adică durata peste care fondul cerului ar da un voal celar face să dispară stelele cele mai palide înregistrate pe imagine.

După cum am mai văzut, aceste elemente depind de :
1) luminozitatea și, mai ales, distanța focală a obiectivului;
2) sensibilitatea peliculei ; 3) durata expunerii. În tabelul 2.2 de mai jos vă dau magnitudinea limită pentru o peliculă de 27 DIN (400 ASA) și o durată de expunere de un minut.

Tabelul 2.2
Magnitudini limită — pelicula de 400 ASA, expunere 1 minut

F _{mm} F/D	24 "	50	100	135	200	300
2,0	7 ^m ,6	8 ^m ,3	8 ^m ,9	9 ^m ,8	10 ^m ,1	10 ^m ,6
2,8	7,0	7,5	8,2	9,1	9,4	9,9
4,0	6,1	6,8	7,4	8,3	8,6	9,1
5,6	—	—	—	—	9,1	9,8

Să considerați însă aceste valori ca pur orientative : cerul nu este totdeauna extrem de pur, iluminatul public prezintă și el variații, sensibilitatea peliculei la durate mari de expunere scade — uneori se reduce la mai puțin de jumătate (!) etc.

Dacă utilizați o peliculă de altă sensibilitate sau alte durate de expunere, aplicați la valorile date în tabelul 2.2, corecțiile de mai jos (tabelul 2.3).

Tabelul 2.3.
Corecții pentru valorile din tabelul 2.2.

Sensibilitate [DIN]	Corecție	Timp de expunere	Corecție
17	-3 ^m ,0	10 s	-1 ^m ,6
21	-2 3	30 s	-0,6
27	-0,0	1 min.	-0,0
30	+0,8	5 min.	+1,4
33	+1,5	10 min.	+2,0
36	+2,4	20 min.	+2,5

Cît privește durata maximă de expunere, în condiții optime de observație (cer curat și fără Lună, iluminare artificială nulă), ea vă este indicată mai jos

Tabelul 2.4
Durate maxime de expunere — fotografie stelară

F/D Sensibilitate [DIN]	2,0	2,8	4,0	5,6
17	4 ^m 30 ^m	10 ^m 30 ^m	—	—
21	1 54	4 25	10 ^m 45 ^m	—
27	0 20	0 47	1 54	4 ^m 25 ^m
30	0 08	0 20	0 48	1 50
33	0 03	0 08	0 20	0 48
36	0 00,5	0 01,5	0 03,5	0 08

Față de duratele indicate, în orașe cu o iluminare medie a cerului nocturn, valorile din tabel ar trebui reduse cu un factor cuprins între 0,4 și 0,6 (nu e o indicație riguroasă, ci doar valori estimative).

O formulă matematică pentru durata maximă de expunere în condiții optime este :

$$T_{\max} = 1,5 \left(\frac{F}{D} \right)^{2,5} \cdot \left(\frac{800}{S} \right)^{1,25} \quad (2.5)$$

unde $T_{\max}$ — durata maximă de expunere, în minute; F/D — luminozitatea obiectivului utilizat; S — sensibilitatea filmului în unități ASA.

De regulă, sensibilitatea unui film este dată de numărul de unități DIN, după scala germană. Există însă și alte scale de indicare a sensibilității emulsiilor fotografice : ASA (americană), FOCT (sovietică), WESTON (engleză) etc. Dintre acestea, scala americană și cea sovietică prezintă avantajul că raportul a două valori exprimă direct și raportul sensibilităților — în timp ce scala în unități DIN este mai complicată : dublarea sensibilității este exprimată de creșterea cu trei unități DIN. De aceea, se utilizează foarte des scala de unități ASA sau cea de unități FOCT ; corespondențele lor sînt indicate pentru o serie de valori, mai jos, în tabelul 2.5

În fine, după toate aceste considerente, iată aici, tot cu caracter orientativ, magnitudinile limită care pot fi

Tabelul 2.5

Corespondențe în scalele de sensibilități fotografice

Unități			Unități		
DIN	ASA	FOCT	DIN	ASA	FOCT
10	6	8	18	50	45
11—12	8—10	11	20	80	65
13	12	11—16	21	100	90
15	25	22	24	200	180
17	40	35	27	400	350

fotografiate cu obiective de diferite distanțe focale, în cazul expunerilor maxime posibile și pentru pelicule de 400 ASA — 800 ASA

Tabelul 2.6

Magnitudini limită la durate maxime de expunere

F_{mm}	28	50	100	135	200	300
m_{max}	10 ^m ,3	11 ^m ,5	12 ^m ,8	13 ^m ,3	14 ^m ,0	14 ^m ,7

Valorile indicate în tabele se referă la fotografii executate asupra unor câmpuri stelare situate în vecinătatea zenitului ; cu cît ne apropiem de orizont, valorile scad — cu circa 0^m,5 la 45° de zenit și cu mai bine de 2^m la 80° depărtare unghiulară de același punct. În al doilea rînd, dacă am vorbit de durate de expunere de minute sau ore, nu trebuie să pierdeți din vedere faptul că în timpul expunerilor, aparatele voastre trebuie să urmărească riguros mișcarea aparentă a cerului de la răsărit la apus ! Deci, o montură ecuatorială, o mică lunetă de ghidaj, un mecanism de urmărire — manual sau cu motor electric... Altfel, imaginile stelelor vor fi, în loc de puncte circulare bine definite, niște dîre curbate sau drepte după declinația zonei fotografiate ; iar cît privește magnitudinile limită... ce să mai vorbim ! O astfel de fotografie ar putea fi utilizată ca exemplu pentru demonstrarea rotației Pămîntului, nu pentru alte scopuri. Căutați mai departe și veți găsi niște propuneri pentru rezolvarea acestei probleme.

Ceea ce v-am spus pînă acum se referă la fotografia stelară, de nebuloase și, eventual, galaxii, accesibile aparatelor fotografice obișnuite, fără ca să le atașați la lunete și telescoape : în ultimă instanță aparatele foto le puteți fixa la instrumente — după ce le-ați scos obiectivele — pentru a face fotografii în focarele obiectivelor instrumentelor — lunete, sau telescoape ; vom mai reveni. Dar atunci cînd vreți să fotografiați Luna, planetele sau Soarele, cînd, din cauza duratei infime a expunerii nu este nevoie de meca-

nism de urmărire, de regulă (imperios, pentru planete), avem nevoie de amplificarea considerabilă a imaginilor, pentru a folosi efectiv puterea separatoare a obiectivelor de la lunete (sau telescoape). Amintiți-vă ce mică este secunda de arc în focarul unui obiectiv.

Deci, să presupunem că ne propunem, ca prim scop, fotografierea unor detalii de pe solul Lunii, care măsoară, unghiular, $5''$ — adică circa 9 km în realitate. Mai târziu vom căuta să obținem detalii de ordinul secunde de arc, dacă nu și mai mici !

Pentru aceasta, să ținem cont de faptul că pelicula curentă, de 21 DIN adică 100 ASA, are o granulație cu dimensiuni de ordinul a 0,05 mm. Deci cele $5''$ ar trebui să corespundă, linear, la cel puțin 50 μ m pe peliculă ; cum putem face așa ceva ?

Operația este destul de simplă. Mai întâi, să calculăm cât reprezintă în planul focal al obiectivului instrumentului nostru $1''$, respectiv cele $5''$:

$$1'' = \frac{F_{mm}}{206\,264,8} \quad (2.6)$$

Dacă distanța focală a obiectivului nostru este, să zicem, de 1 300 mm, rezultă că secunda de arc valorează în planul focal numai 0,0063026 mm, iar cele $5''$ corespund la 0,0315 mm.

Comparat cu cei 0,05 mm ai granulației, e cam puțin. Va trebui deci să lungim distanța focală a obiectivului, adică să introducem un sistem de amplificare. Or, cea mai simplă soluție o reprezintă utilizarea unui ocular cu câmpul plan — de exemplu, un ocular Ramsden, Plössl sau ortoscopic. Aici avem nevoie de o amplificare redusă, de numai $2\times$; dar când vom dori să obținem detalii de ordinul secunde de arc, amplificarea necesară va fi considerabil mai mare. De aceea, să avem în vedere următoarea formulă a amplificării prin ocular :

$$g = \frac{t_{mm}}{f_{mm}} - 1, \quad (2.7)$$

unde g — factorul de amplificare ; t_{mm} — distanța de la planul focal al ocularului până la planul peliculei fotografice

(cu o mică eroare, distanța dintre ultima lentilă a ocularului și peliculă) ; f_{mm} — distanța focală a ocularului amplificator. Astfel, în cazul de mai sus, pentru o amplificare de numai $2\times$ putem utiliza un ocular cu distanța focală de 25 mm, plasat la 75 mm de peliculă.

Să mai analizăm un caz : fotografierea planetei Saturn cu o putere rezolutivă de $2''$, pentru a obține clar, imaginea planetei și a inelelor sale. În acest caz, trebuie să avem în vedere și faptul că, prin amplificare, crește și valoarea factorului F/D , care nu trebuie să depășească, în mod normal, cifra de 80—100 spre a nu fi nevoiți să expunem zeci de secunde : de regulă, expunerile maxime nu trebuie să fie mai mari de 10 s. Atunci vom pleca de la valoarea corespunzătoare secunde de arc, deja calculată în exemplul nostru și anume, cele $2''$ vor trebui să corespundă la un minim de 0,05 mm — ca limită inferioară ; or, prin formula (2.6) găsim că

$$F_{mm} = 206\,264,8 \times 0,05 = 10\,313'' \text{ mm.}$$

De aici, dacă impunem o valoare maximă de 80—100 pentru raportul F/D , găsim că diametrul obiectivului va trebui să fie de cel puțin 100 până la 130 mm : iată de ce, cu mare greutate se obțin imagini convenabile ale lui Saturn cu instrumente sub 150 mm diametru ! Cum însă oglinzile de telescop cu astfel de diametre au distanțe focale în jur de 1 000 mm, amplificarea va trebui să fie și ea considerabilă — de 10—11 $\times$. De aceea, pentru a nu fi nevoiți să mărim prea mult distanța t , vom utiliza un ocular amplificator cu focala mai mică. Vă propun să utilizați chiar ca amplificator general, un obiectiv de aparat de filmat tip 8 mm, care are o focală de ordinul a 12,5 mm, pe care îl veți monta la telescop, cu fața spre peliculă ; veți dispune astfel, de soluția ideală.

V-am arătat aici numai amplificarea prin ocular. Aceasta necesită scoaterea obiectivului aparatului fotografic — în orice caz, de tip reflex monoobiectiv : EXA, EXAKTA, ZENIT — și o punere la punct a imaginii foarte precisă, ceea ce nu este chiar atât de ușor. Dar, în anumite condiții, se poate fotografia și fără demontarea obiectivului aparatului fotografic. Anume, să punem la punct, ca imagine pentru ochi, instrumentul ; imediat în spatele ocularului

vom monta aparatul fotografic, al cărui obiectiv va fi pus la punct pentru fotografiere la infinit și avem realizat sistemul fotografic.

Prin această metodă, amplificările obținute sînt mai reduse — dar, uneori, ele pot fi suficiente. De exemplu, dacă dispunem numai de un binoclu și un aparat fotografic, putem aplica această metodă. Calculul distanței focale obținute în acest mod se face prin formula

$$F_e = \frac{F_a \times F_o}{f}, \quad (2.8)$$

unde F_e — distanța focală rezultantă; F_a — distanța focală a obiectivului aparatului fotografic; F_o — distanța focală a obiectivului lunetei sau telescopului; f — distanța focală a ocularului utilizat. De exemplu, dacă $F_a = 50$ mm; $F_o = 1\,300$ mm; $f = 20$ mm, prin formula (2.8) vom găsi pentru $F_e = 3\,250$ mm — deci o amplificare de numai $2,5\times$, iar $1''$ valorează în planul fotografiei cam $0,016$ mm, ceea ce conduce la o rezoluție fotografică de numai $3''$ aproximativ. Să mai spun că surplusul de lentile al obiectivului aparatului fotografic nu este un factor de ameliorare a imaginii ci invers?

Cu toate acestea, metoda dă rezultate interesante atunci cînd vrem să fotografiam o eclipsă de Soare sau de Lună și nu dispunem — așa cum spuneam mai sus — decît de un binoclu și un aparat fotografic — de exemplu, un binoclu 8×30 , de tipul celor care se găsesc în comerțul curent. În acest caz, dacă focala obiectivului aparatului fotografic este de 50 mm și puterea binoculului (grosismenul) este de $8\times$, focala efectivă va fi de:

$$F_e = 8 \times 50 = 400 \text{ mm},$$

iar imaginea Soarelui sau Lunii, pe film, va măsura cam 3,7 mm. Lucrați cu o peliculă mai fină — de exemplu, de 40 sau 50 ASA —, pe care o veți developa într-un revelator pentru granulație foarte fină (A-49) și veți putea mări în laborator, clișeele de 10 și chiar 15 ori. În acest fel veți obține imagini ale fenomenului în cauză de 37—52 mm, ceea ce este foarte convenabil. Dar cîte nu se pot face cu un astfel de utilaj minim?...

V-am dat aici numai cîteva indicații cu caracter de principii valabile pentru o serie de lucrări: practica vă va oferi și mai mult. Să vă mai dau și cîteva indicații în ce privește timpii de expunere pentru fotografie cu amplificare focală a Lunii și planetelor, bazate pe un studiu pe care l-am făcut cu mai mulți ani înainte; cît privește fotografierea Soarelui, aceasta necesită cîteva precizări pe care vi le voi da ulterior și de care va trebui să țineți neapărat seama; altfel ajungeți cu aparatele vostre fotografice la... atelierele de reparații.

Mai întîi, față de valorile indicate în tabelele de mai jos, să vă dau și o formulă pentru calculul timpurilor de expunere în cazul în care veți utiliza alte rapoarte F/D decît cel pe care l-am folosit cu ca etalon și anume $F/D=107$.

$$T_s = \left(\frac{F/D}{107} \right)^2 T_o \quad (2.9)$$

unde T_s este durata expunerii în secunde, iar T_o — timpii indicați în tabelele 2.7 și 2.8. Iar dacă față de valorile cuprinse în tabelul pentru planete utilizați alte tipuri de pelicule, cu alte sensibilități, amplificați expresia (2.9.) cu raportul:

$$\left[\frac{S_o}{S} \right] \quad (2.9')$$

unde S_o este sensibilitatea indicată în tabel (luați ca etalon pe $S_o=100$ ASA) și S — sensibilitatea peliculei folosite.

Remarcați că, în tabelul pentru duratele de expunere în fotografierea Lunii, am dat și duratele pentru o luminozitate egală cu 7, care corespunde într-o măsură oarecare fotografiei focale a satelitului nostru natural: acest lucru se folosește foarte des, pentru imagini generale ale Lunii. De asemenea, toate valorile indicate în tabele sînt date pentru niște condiții generale — înălțimea astrului deasupra orizontului de circa 40° — 45° , transparență a cerului nocturn care permite observarea cu ochiul liber a stelelor de magnitudinea $4^m,5$, iar pentru planete — absența Lunii de pe cer sau cu o fază mai mică de 0,4. De asemenea, veți găsi o serie de valori subliniate: acestea sînt duratele de expunere cele mai indicate, în funcție de pelicula utilizată.

În orice caz, dacă aplicarea diferitelor formule pe care le-am dat mai înainte vă conduce la timpi de expunere de peste 10 s, reduceți raportul F/D sau utilizați o peliculă mai sensibilă.

Tabelul 2.7
Durate de expunere pentru fotografierea Lunii

F/D	Sensibilitate [ASA]	FAZA LUNII				
		Lună plină	Prim pătrar, ziua 4-a	Prim sau ultim pătrar	Lună nouă sau ultim pătrar, ziua 4-a(3)	Lună nouă sau ultim pătrar, ziua 2 (5)
7	25	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4
	100	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
50	100	1/8	1/4	1/2	1	3
	400	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2
100	100	1/2	1	3	—	—
	400	1/8	1/4	1/2	1	3
.....						
8	100	Lumina cenușie — Lună nouă ziua a 3-a : 35 s				
	400	Lumina cenușie — Lună nouă ziua a 3-a : 10 s				

Tabelul 2.8
Durate de expunere pentru fotografia planetară

Astrul	Sensibilitatea peliculei utilizate, în unități ASA				
	25	50	80	100	400
Venus — fază 0,25—0,75	1	1/2	1/5	1/8	1/30
Marte, opoziție medie	7	5	4	3	1
Jupiter, opoziție	12	6	5	4	1
Saturn, opoziție	36	16	10	8	3

Fotografia solară nu mai pune probleme în ce privește urmărirea mișcării diurne în timpul expunerii, care este totdeauna foarte scurtă. În schimb ea necesită unele precauții speciale, ca urmare a uriașei cantități de lumină și căldură concentrate de obiectiv. După cum am spus, se utilizează peliculă foarte puțin sensibilă și de mare contrast. În același timp, trebuie să luați măsurile cele mai potrivite pentru protecția obturatorilor aparatelor fotografice — mai ales a celor de tip perdea cauciucată —, care ar putea fi distruse în câteva clipe.

Soluția cea mai bună și mai ușor realizabilă ar fi aceea a construirii unui telescop cu diametrul de 100—125 mm și distanța focală de peste 1 000 mm — chiar 1 500 mm —, ale cărui oglinzi să nu fie metalizate. Singura măsură de luat este aceea de a mătui fin spatele acestor oglinzi, pentru a evita reflexiile parazite — sau numai a celei concave, sferice (nu este nevoie de parabolizare ca urmare a valorii mari a raportului F/D), dacă în locul oglinzii plane — formulă constructivă Newton — utilizați fața ipotenuză a unei prisme cu reflexie totală. Procedând în acest mod, beneficiați de ceea ce se numește *reflexie vitroasă* în care, numai circa 5% din lumina incidentă este reflectată. Astfel, în planul focal va ajunge numai 1/400 aproximativ din lumina incidentă și încălzirea este considerabil redusă.

Chiar și așa, intensitatea luminoasă este mare și va fi nevoie să utilizați un filtru de întunecare medie — pentru fotografia propriu-zisă — sau mai dens, dacă faceți observații vizuale. **ATENȚIE ! OBSERVAREA DIRECTĂ A SOARELUI FĂRĂ FILTRE ESTE EXTREM DE PERICULOASĂ ȘI SE POATE SOLDA CU DISTRUGEREA IREMEDIABILĂ A OCHIULUI !** Ca filtru pentru fotografie, plasat puțin înainte de focar (dacă faceți fotografie focală) sau la circa 25 mm după cercul ocular — dacă faceți fotografie cu amplificare, puteți utiliza fie un filtru de sudură nr. 2 sau 3, fie o combinație de filtru verde mediu și filtru portocaliu dens. În orice caz, combinațiile de acest gen tot vor solicita, în condiții de Soare plin, durate de expunere de 1/500—1/125 s. De altfel, nici nu e recomandabil să aveți o durată de expunere mai mare, ca urmare a efectelor turbulenței instrumentale, mult mai mari decât în cazul celor-

alte fotografii astronomice : razele Soarelui încălzesc repede aerul din tubul instrumentului și efectele sînt cele despre care am vorbit. Astfel, faceți probe de expunere, cu timpurile indicate ; iar ca să scăpați de neajunsurile provocate de turbulență, nu vă limitați la o singură expunere ci, cu ocazia fotografierii, faceți 5—8 clișee „în rafală”, adică unul după altul la intervale cît mai scurte posibil. De asemenea, faceți astfel de observații în intervalele dinaintea apusului Soarelui, cu 2—3 ore, respectiv după răsăritul astrului, cam cu același timp : sînt perioadele de evasiegalizare a temperaturilor, cînd turbulența atmosferică generală este mai redusă.

Necesitatea unui contrast cît mai ridicat vă conduce la utilizarea unor revelatori adecvați. Astfel, puteți utiliza cu succes revelatorul obișnuit pentru hîrtie și chiar cu o oarecare prelungire a duratei, peste normal : faceți controlul dezvoltării la lumină roșie închisă — filmul nefiind sensibil la această culoare. Iată însă și rețeta unui revelator de contrast extrem de ridicat : formula revelatorului Kodak D—8.

Apă la 30°C	750	cm ³
Sulfat de sodiu anhidru	90	g
Hidrochinonă	45	g
Sodă caustică	37,5	g
Bromură de potasiu cristalizată	25	g
Apă de completare pînă la	1 000	cm ³

Developarea normală durează 2 minute la 20°C. Revelatorul se poate conserva în sticle brune, cu dop șlefuit și umplute complet, timp de pînă la 2 luni.

Și pentru că am ajuns la revelatori, să vă dau și cîteva formule mai uzitate în astronomie, separat — pentru fotografie stelară, pentru cea a Lunii, ca și pentru fotografia planetară. Puteți utiliza și revelatori gata pregătiți, în prafuri deja preparate — care nu necesită decît simpla dizolvare — sau care se găsesc în soluții concentrate, utilizabile în diferite proporții. Pentru început, iată posibilități pentru fotografia stelară.

a) Revelator contrast, formula Kodak D-19	
Apă la 30°—45°	500 cm ³
Metol	2,2 g

Sulfat de sodiu anhidru	96	g
Hidrochinonă	8,8	g
Carbonat de sodiu anhidru	48	g
Bromură de potasiu	50	cm ³ soluție 10%
Apă pentru completare pînă la	1 000	cm ³

Developarea se face în timp de 5 minute la 20°C. Revelatorul se conservă bine în sticle brune, cu dop șlefuit și complet umplute, timp de pînă la 6 luni.

b) Revelator ORWO R-09

Diluție 1 : 40 și peliculă de 25 ASA — developare 10—12 minute.

Diluție 1 : 100 și peliculă de 25 ASA — developare 28—30 minute.

Tipul de peliculă 25 ASA fiind contraindicat pentru fotografia stelară, se utilizează acest revelator pentru peliculă de 100 ASA astfel :

Diluție 1 : 40 — developare 14—16 minute

Diluție 1 : 100 — developare 27—33 minute.

Se subînțelege că developarea se face la 20°C ; după temperatură, duratele de developare se înmulțesc cu următorii factori :

Temperatură : 15°—1,5× ; 17°—1,3× ; 22°—0,85× ;

24°—0,7×

Pentru fotografierea Lunii

Se va utiliza cu deplin succes, revelatorul ORWO A-49 pentru granulație foarte fină și cu caracter compensator, eliminînd în acest mod și contrastele exagerate ale reliefului selenar. Pelicula de 80 ASA se va developa în timp de 9—11 minute, iar cea de 400 ASA — timp de 12—14 minute, mereu la 20°C. Dacă temperatura băii diferă, se aplică următorii factori de corecție :

Temperatură : 15°—1,60× ; 18°—1,25× ; 22°—0,85× ;

24°—0,70×

Tot pentru fotografia selenară se poate utiliza cu succes revelatorul ORWO R-09, în condițiile pe care le-am indicat mai sus.

Pentru fotografia planetară

a) Revelatorul ORWO R-09 în condițiile deja specificate; dacă pelicula este de 400 ASA, se poate utiliza și în diluție mai mare și anume, de 1 : 150 — cu prelungirea duratei de dezvoltare de 4 ori față de diluția 1 : 40, sau de 1 : 200, cu prelungirea de 6 ori a duratei față de diluția 1 : 40.

b) Revelatorul Cibisov (URSS)

Apă la 50°C	750 cm ³
Metol	1 g
Sulfid de sodiu cristalizat	52 g
Hidrochinonă	5 g
Carbonat de sodiu cristalizat	54 g
Bromură de potasiu	1 g
Se completează cu apă până la	1 000 cm ³ .

Durata de dezvoltare este de 6—8 minute la 20°C. În aceleași condiții despre care am mai vorbit, revelatorul se poate conserva pe durate de 2—3 luni.

La cele spuse până acum, voi mai adăuga și indicația referitoare la revelatorul ORWO E-102, care poate fi utilizat ca revelator universal, în condițiile rețetei: diluție 1 : 12 pentru peliculă și chiar 1 : 15 pentru reducerea contrastului la clișeele executate asupra Lunii. Durata de dezvoltare este de circa 6—8 minute la 20°C.

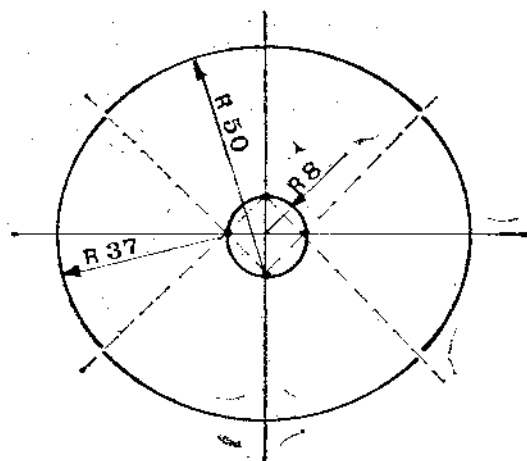
Să trecem însă și la alte aspecte, cu caracter general, ale observațiilor noastre.

Situarea în timp a fiecărui document observațional — deci și a oricărei fotografii — este un element fundamental. De aceea, la fiecare clișeu va trebui să notați data și ora obținerii lui (ora se notează în Timp Universal — TU) — momentul începerii și durata expunerii, în cazul fotografiilor de durate de peste un minut, precum și condițiile instrumentale, respectiv cele atmosferice. Clișeele le veți păstra în plicuri de celofan, *nerulate* și numerotate — în timp ce în registrul de observații veți nota toate datele pentru recunoașterea imediată a documentului obținut; nu veți

pune în plicuri clișeu cu clișeu, ci pe bucăți de 4 sau 6 clișee, acordându-le toată atenția pentru o conservare corespunzătoare. Aveți, astfel, coordonatele generale ale observațiilor fotografice; despre aplicarea concretă și despre studiul acestor documente vom mai discuta pe parcurs. Până atunci însă să spunem un cuvânt și despre observațiile vizuale cu înregistrări fotometrice — un mod sofisticat de a spune că este vorba de desenul astronomic — și care, în pofida succeselor fotografiei, rămâne încă la loc de cinste nu numai în activitatea astronomilor amatori, dar și chiar în aceea a unor profesioniști, specialiști în astrofizica planetară.

Desenul astronomic are ca scop redarea aspectului unui astru — o planetă sau o cometă, o zonă limitată de pe Lună (crater, vîrf muntos, crăpătură etc.) sau un grup de pete solare — la un moment dat. Este de la sine înțeles faptul că trebuie să desenăm *ceea ce vedem*, nu ceea ce știm că există acolo sau credem că vedem. Deci trebuie să acordăm toată atenția în observarea și redarea detaliilor existente. Chiar dacă observatorul nu are cine știe ce talent la desen, acest lucru nu are, practic, nici o importanță: respectarea proporțiilor și a intensităților luminoase în desenul astronomic are prea puțin de-a face cu talentul la desen. Totul este ca detaliile observate pe un disc destul de mic (după unii chiar prea mic!), să fie redade riguros proporțional pe un desen făcut la o scară destul de mare. Astfel, desenele planetei Marte se fac pe cercuri cu diametrul de 50—60 mm sau, dacă vreți, adoptați scara 1" : 3 mm, luînd ca etalon diametrul aparent al planetei la momentul observației. Desenele planetei Saturn se fac la o scară de circa 80 mm pentru axa mare a sistemului de inele, în timp ce desenele planetei Jupiter se fac pe gabarite eliptice — ca urmare a turtirii globului jovian — avînd 90 mm axă mare și 84 mm axă mică. În fig. 2.1 se dă și sistemul de construcție al gabariturii, numai pe bază de compas. Cît privește dimensiunile, acestea se justifică prin marile număr de detalii care pot fi observate pe planetă, chiar cu instrumente mai mici — de ordinul a 100—125 mm diametru.

Nu este necesar să faceți desene în culori — niciodată nu veți reuși să redați finețea culorilor observate. Lucrați cu creion negru, moale, eventual și cu estompe atunci cînd tre-



2.1 Construcția gabaritului pentru desene ale planetei Jupiter

ceți desenul pe curat : pentru că la ocular, faceți mai **mult** sau mai puțin o schiță completată cu diferite note, care **vor** fi redată pe desen, la executarea celui definitiv. Dar nu este permis sub nici un motiv ca pe desene să treceți detalii insuficient observate sau nesigure, ca și diverse înflorituri — mai ales dacă vi se pare că ați observat prea puține detalii ! Chiar un desen fără detalii este un document, care **poate** spune multe despre fenomenele care au loc pe planeta observată.

Durata executării unui desen nu este indiferentă. Ținând cont de perioadele de rotație axială ale fiecărei planete trebuie să executați schița inițială de așa manieră încât desenul să nu iasă deformat, ca urmare a schimbării poziției aparente a detaliilor, din cauza rotației. Astfel, un desen al planetei Marte nu va depăși ca durată 30—40 de minute — schița generală cu detaliile cele mai pregnante fiind executată în maximum 10 minute ; după aceea, veți plasa pe desen, în raport cu detaliile deja marcate, pe cele observate ulterior.

Ca urmare a duratelor mari de rotație, nu se pun probleme de limitare strictă a timpului de execuție a **desenelor**

în cazul planetelor Mercur și Venus : nu veți depăși, totuși, 85—45 de minute — ochiul începe să obosească și randamentul observației începe să scadă. În schimb, în cazul planetelor Jupiter și Saturn, ale căror rotații sînt foarte rapide — în jur de 10 ore — duratele desenelor sînt strict limitate. Ele nu trebuie să depășească 15—20 de minute. Mai mult, pentru a avea poziții precise ale detaliilor observate, se face și altceva : în interval de 3—5 minute se plasează detaliile cele mai pregnante, notîndu-se pentru fiecare, ora plasării, cu precizie de minut ; iar după aceea, în raport cu detaliile marcate, veți desena tot ceea ce vedeți.

Nu este totdeauna ușor să se figureze intensitatea luminoasă a amănuntelor observate, pe o schiță la ocular : descori, guma intră în funcțiune, mai descoperiți erori... De aceea, mulți observatori preferă să facă și altceva și anume, definesc intensitățile observate într-o scală fotometrică ocazională. În acest sistem, se notează cu 10 intensitatea cerului nocturn și cu 0 detaliul cel mai strălucitor observat — calota polară a planetei Marte la observarea acesteia, vreo pată strălucitoare de pe zona ecuatorială a planetei Jupiter etc. Toate celelalte amănunte sînt notate în această scală, chiar cu zecimale, dacă se simte nevoia. Ca idee, cele mai întunecate pote observate pe planeta Marte ajung pînă la cota 4,5 și chiar 5, în timp ce pe planeta Jupiter intensitățile oscilează între 0,0 și 3,5—4,0. Mai greu este la planetele Mercur și Venus : în primul rînd, din cauză **că** observațiile se fac de regulă în plină zi sau în lumină de **auroră**, respectiv crepuscul — cînd cerul este încă luminat. În al doilea rînd, dacă detaliile observate pe planeta Mercur sînt destul de intense — cotele lor merg pînă la 3,5—4,0 —, cele de pe planeta Venus sînt extrem de palide și nu depășesc, nici atunci cînd utilizăm filtre adecvate valori de 1,5—1,7.

Nu este încă momentul să discutăm în detaliu despre observarea fiecărei planete în parte — ce trebuie urmărit și, cum modalitățile de prelucrare a observațiilor etc. : o vom face într-un capitol special. Dar, în baza celor discutate pînă acum, este cazul să faceți o pauză și să reflectați serios asupra posibilităților de realizare a unor instrumente de observație corespunzătoare ; imediat vom trece la asemenea probleme. În același timp, dacă deja dispuneți de un oare-

care utilaj, este bine să începeți prin a-l pune în valoare, efectuând observațiile posibile. Și pentru final: oricare ar fi instrumentul de observație vizuală, nu vă limitați la detaliile imediat vizibile, ci căutați-le pe cele mai fine, adică cele care se găsesc la limita vizibilității. Urmăriți momentele de calm atmosferic pe care turbulența — în afară de cazuri destul de rare — le prezintă și căutați atunci să surprindeți detaliile cele mai dificile pe care instrumentul vi le poate arăta. Obişnuiți-vă să priviți pe discul unei planete, de exemplu, cite o zonă limitată, nu tot discul — același lucru fiind valabil și pentru Lună sau Soare, în ce privește amănuntele formațiilor observabile. Vă veți antrena astfel ochiul să își dea tot randamentul posibil. Faceți localizări foarte precise și nu ezitați să reveniți asupra punerii la punct a imaginii, dacă aceasta nu are toată claritatea posibilă. Astfel veți valorifica la maximum capacitatea instrumentelor de care dispuneți, ca o pregătire strict necesară exploatării corespunzătoare a viitoarelor voastre instrumente...

Prin instrument de bază înțeleg, de fapt, un telescop cu pretenții, capabil să răspundă exigențelor astronomilor amatori la nivelul performanțelor sale teoretice în funcție de diametru și care să ofere posibilitatea unor observații serioase — fie că este vorba de observații planetare sau asupra Lunii. De altfel, puterea separatoare și imaginile stelelor (intra și extrafocale) constituie „probe de foc” pentru instrumente — bineînțeles, fără ca acestea să facă inutile probele de laborator cu toate exigențele lor. Iar dacă nu i-am amintit aici pe actualii sau viitori „variabiliști”, nu înseamnă că i-am pierdut din vedere: când va fi nevoie să fac recomandări speciale, o voi face. Până atunci, tot ceea ce spun este aplicabil pentru oricare dintre voi indiferent de direcția de acțiune ca astrofizicieni amatori.

Construcția pe care v-o propun aici, un telescop Newton, este gândită și în raport cu spațiile normale de care se dispune în general — un balcon, o mică terasă sau o curte —, dar în care mai sînt și altele de făcut, nu numai observații astronomice ! În același timp, față de cei 260 mm diametru, cît avea telescopul pe care l-am realizat prin 1960, vouă vă propun numai 200 mm diametru, pentru simplul motiv că un „200” se poate limita la o montură de circa 40—50 kg, în timp ce „260”-ul meu avea nu mai puțin de... 165 kg ! În orice caz, cu 200 mm diametru pentru oglinda principală veți putea lucra în modul cel mai serios și cu rezultate demne de toată atenția; performanțele sale vor justifica din plin eforturile necesitate de construcția sa.

Spre deosebire de telescopul pe care l-am descris în *Cerul...*, aici nu ne vom limita la o oglindă sferică. Ar fi necesară o distanță focală prea mare, pentru spații limitate — de cel puțin 1 800 mm; aceasta înseamnă un telescop cu aceeași lungime și o luminozitate nu prea convena-

bilă — raport $F/D = 9$. Vom trece la realizarea unei oglinzi cu distanța focală de 1 500—1 600 mm, deci un raport F/D în jur de 7,5—8 și care are nevoie de *parabolizare*. Operația nu pune probleme prea dificile — nici măcar în controlul suprafeței — în schimb, rezultatele vor fi considerabil mai bune. Nu mai vorbesc de „variabiliști” care, avînd tot interesul să dispună de un instrument de mai mare luminozitate, vor putea opta chiar pentru un raport F/D de ordinul 6 sau 7, adică o focală și mai scurtă : ceea ce voi spune aici este perfect aplicabil și în astfel de cazuri — mai precis, metodele de lucru și de control sînt aplicabile pentru oglinzi cu luminozități pînă la 4,5—5,0. Mai mult, trebuie să considerați activitatea pe care o veți desfășura prin aplicarea celor de aici, o veritabilă școală pentru realizări mai pretențioase, potrivit dorințelor voastre viitoare.

Diametru de 200 mm? Aceasta înseamnă o putere maximă utilă de 400×. Dar un astfel de telescop ar fi păcat să nu fie utilizat și pentru observații fotografice. La 1 600 mm focar, Luna măsoară în planul focal cam 14,5 mm ; iar dacă treceți la o amplificare pentru $F/D=40$, imaginea Lunii va avea pe film nu mai puțin de 72,4 mm, ceea ce autorizează pretenția fotografierii unor detalii de ordinul secunde de arc : așa că se impune o montură ecuatorială bine concepută și realizată, dotată cu motor electric de antrenare etc. În funcție de aceste considerente, să concretizăm proiectul, să facem lista de materiale și să... trecem la lucru.

Deci este vorba de a construi un telescop sistem Newton, avînd diametrul de 200 mm și distanța focală de 1 500—1 600 mm (nu e nevoie să o atingeți „la milimetru” !). El va dispune de o montură ecuatorială acționată de motor electric, întreaga construcție fiind realizată în lemn, metal, masă plastică, după posibilități. Puterile măritoare vor fi cuprinse între 40 și 400× — eventual, după calitatea opticii și posibilitatea de a găsi lentile adecvate, se va putea merge și la peste 500×. Pentru asigurarea unui joc de grosisme, va trebui să construiți sau să obțineți oculare care să vă asigure puteri măritoare cît mai apropiate de următoarele valori : 40× ; 70× ; 150× ; 225× ; 320× ; 400× ; 500×.

Materia primă pentru oglindă ? În primul rînd, două discuri de sticlă cu diametrul de 200—210 mm, grosime... ei, aici apare prima problemă.

Dacă pentru susținerea oglinzii am adopta formula bariletului cu 3 puncte de sprijin, ea ar trebui să aibă minimum 82 mm grosime. Dar dacă vom adopta sprijinul pe 6 puncte, atunci putem utiliza și sticlă de numai 11—13 mm grosime, ceea ce este mai ușor de găsit în comerțul curent. În orice caz, la procurare, vom avea grijă ca marginile discurilor să fie teșite pe o lărgime de circa 2 mm ; această teșitură va trebui refăcută din timp în timp prin roadere cu o piatră de șlefuit atunci cînd șlefuiim oglinda, pentru a scăpa de pericolul spargerii bordului pe mulți milimetri.

În rest, materialele sînt cele uzuale ; iată lista lor, cu cantitățile necesare în mod normal :

Șmirghel, carborund sau electrocorindon, pulbere 80—100:	2 kg
Șmirghel, carborund sau electrocorindon, pulbere 400:	1 kg
Șmirghel, carborund sau electrocorindon, pulbere 600:	0,5 kg
Oxid roșu de fier (nu de plumb !)	0,5 kg
sau	
Oxalat feros	1 kg
Smoală tip 60 (preferabil, smoală de lemn)	2 kg

Nu știu în ce măsură veți reuși să vă procurați șmirghelul sub formă de praf uscat (nu pastă de șlefuit ! !). Dacă nu veți reuși, procurați-vă pietre de polizor cu granulații corespunzătoare — una mai brută și alte două fine, respectiv foarte fine — pe care le veți sfărîma separat, cît mai mărunt (muncă de Sisif, dar trebuie) și prin spălare și decantare, vă veți pregăti prafurile corespunzătoare. Cît privește oxidul de fier, dacă nu aveți siguranța purității sale (un experiment al unui prieten chimist amator vă va lămuri), procurați-vă oxalat feros din care, tot singuri, vă veți prepara oxidul roșu necesar.

Care va fi săgeata concavității este ușor de calculat : vom aplica formula cunoscută, unde e — săgeata ; h — raza oglinzii ; R — raza de curbura = dublul distanței focale :

$$e = \frac{h^2}{2R} \quad (3.1)$$

Rezultă pentru $R = 3\,200\text{ mm}$, $e = 1,5625\text{ mm}$, iar pentru $R = 3\,000\text{ mm}$, $e = 1,667\text{ mm}$ — în ambele cazuri săgeata fiind foarte mică.

Avem acum aproape toate datele proiectului pentru oglindă, așa că putem trece efectiv la lucru; vom începe cu prepararea abrazivelor prin spargerea pietrelor de polizor.

Sfărâmați fiecare piatră cât mai fin posibil, pentru a obține cât mai mult material util. După aceea, separat pentru fiecare sortiment de sfărâmătură, vom face următoarele operații.

Într-un borcan curat de circa 15 l, turnăm cam 12 l de apă și punem abrazivul sfărâmat, după care amestecăm puternic apa cu abraziv.

Să lăsăm acum amestecul să se depună cam 1—2 minute după care, cu ajutorul unui furtun sifonăm amestecul negricios sau brun, într-un al doilea borcan de capacitate similară care trebuie să fie extrem de curat. De precizat că în timpul de așteptare de mai înainte, vom culege de la suprafața apei toate impuritățile care plutesc și le vom arunca.

Apa cu amestecul de abraziv se mai poate sifona o dată, după amestecare puternică și așteptare de 1—2 minute, pentru ca spălarea să fie mai eficientă. Dar, după aceea, lăsăm borcanul cu amestec de apă și abraziv să stea nemiscat 24 de ore, pentru depunerea pulberii de abraziv. Ceea ce rămâne pe fundul borcanelor de la spălarea abrazivelor (nu sifonăm *nicioară* tot amestecul, ci lăsăm cam 0,4—0,5 cm pe fund), se aruncă, după care borcanele se spală cu toată grija spre a nu rămâne vreun grăunte mai mare de abraziv.

În ziua următoare, sifonăm apa — care trebuie să fie limpede, altfel trebuie să spălăm abrazivul din nou —, iar abrazivul umed îl punem în cutii de plastic sau metal cromat, bine închise și etichetate spre a ști ce granulație de abraziv avem acolo.

Cu cel de-al doilea și cel de-al treilea abraziv, procedăm la fel. Dar aici vom mai face și decantarea pulberilor, pentru a ne forma și câteva sortimente foarte fine. Anume, pentru abrazivul mediu, după spălare și depunere de 24 de ore — cu sifonarea apei —, aplicăm o decantare simplă. Punem apă curată peste pulberea umedă și o agităm puternic timp de 2—3 minute, până ce obținem un soi de amestec de apă

și pulbere. După aceea lăsăm amestecul liniștit timp de *un minut*, nu mai mult; acum sifonăm apa cu amestec de pulbere rămasă în suspensie și avem, în acest fel, două sortimente de abraziv: cel depus în timpul așteptării și cel care se depune din apa sifonată — *abrazivul de un minut*.

Să trecem acum la pulberea cea mai fină pe care o avem și pentru care etapele sînt similare. Numai că aici vom face decantări repetate — agitare, așteptare de 1 minut, de 3 minute, 5 minute, 10 minute, 20 minute și 40 minute (de la durata maximă, la cea minimă, succesiv). În special din ultimele trei granulații, care sînt extrem de fine, vom obține cantități foarte reduse de pulbere, suficiente însă pentru cerințele oglinzii noastre.

Dacă nu am găsit oxid de fier de calitate corespunzătoare, va trebui să ne preparăm și acest material. Pentru aceasta, să luăm oxalatul feros procurat — un fel de pulbere de culoare galbenă — și să-l etalăm pe o tablă de fier groasă de circa 2 mm, într-un strat de 2—3 cm grosime pe care o așezăm pe un foc viu: flacăra de aragaz sau gaze este perfect adecvată. **ATENȚIE! CALCINAREA SE VA FACE ÎN AER LIBER!** Aceasta pentru că în timpul calcinării se degajă o cantitate apreciabilă de oxid de carbon, a cărui inhalare este extrem de periculoasă. De aceea, dacă lucrați în bucătărie, deschideți larg ferestrele pentru o bună ventilație, fără ca pulberea să fie „suflată” de curent de pe tabla de fier.

La circa 15—20 de minute după așezarea pe foc, pulberea începe să se închidă la culoare. Cu multă atenție, pentru a nu provoca ejectări, mestecați încet pulberea cu ajutorul unei mici spatule de metal. Pulberea continuă să se închidă la culoare și, eventual, se poate chiar aprinde. Nimic important: continuați să mestecați liniștit — arderea va înceta de la sine, ceea ce constituie indicatorul cel mai bun că procesul de calcinare s-a încheiat. Lăsați pulberea să se răcească complet și după aceea spălați-o, ca pe abraziv, lăsînd amestecul de apă și oxid roșu de fier obținut să se depună — 5 minute la spălare și, pentru recoltare finală, timp de 24 de ore. Sifonați apa aproape limpede, iar amestecul de oxid rămas pe fundul borcanului puneți-l tot într-o cutie foarte curată și bine închisă. Insist asupra faptului că nici abrazivele între ele, nici cu oxidul, nu au voie

să se amestece, spre a nu risca distrugerea muncii de zile și zile, ca să nu mai vorbesc de pericolul ce amenință oglinda în lucru : zgîrieturile.

Acum ne mai asigurăm un post convenabil de lucru, în jurul căruia să ne putem roti, suficient de greu pentru a nu se mișca și cu înălțime de lucru convenabilă — de ordinul a 80—100 cm. Instalați-vă postul de lucru într-o magazie, boxă sau altă încăpere unde să puteți lucra liniștit, într-un loc ferit de Soare și cu lumină suficientă. Acum ne putem apuca efectiv de lucru.

Lucrul începe prin fixarea unuia dintre discuri, cu ajutorul unor cale de lemn cu grosimea de cel mult jumătate din grosimea discurilor și o pană mică de lemn. Punem acum cât mai uniform răspîndit abraziv — cam 2 cm³ — și citeva picături de apă în plus ; așezați acum pe acest disc pe cel de-al doilea, concentric și se începe șlefuirea.

Aveți de făcut, simultan, o serie de mișcări, după cum urmează :

- o mișcare înainte și înapoi, cu lungimea totală simetric repartizată față de centrul discului inferior — *matrița* —, de 1/3 din diametrul discurilor ; frecvența acestor curse va fi de cel mult 40—50 pe minut ;

- o mișcare de rotație a discului superior față de cel inferior, cu valori de 1/5—1/8 din circumferința discurilor, efectuată, la fiecare capăt de cursă, lin și fără șocuri ;

- schimbarea poziției proprii la fiecare 10—15 curse, în sens invers rotirii discului superior — *oglinnda* —, cam cu 1/6—1/8 dintr-un tur complet.

În pofida părerilor, efectuarea simultană a acestor mișcări nu este complicată — după numai citeva minute după ce ați început să lucrați, acest ansamblu vă va deveni cu totul familiar.

Accelerarea procesului de concavizare a oglinzii și de „convexizare” simultană a matriței este posibilă prin efectuarea de curse mai lungi — pînă la 1/2 din diametrul discurilor — sau prin curse excentrice, lateral cu valori pînă la 1/3 din diametru, gradat, în ambele sensuri. Dată fiind însă valoarea redusă a săgeții de concavizare, nu vă sfătuiesc să apelați la astfel de metode. Trebuie să știți că cursele cu lungimi *medii*, de 1/3 din diametru, sînt numite *curse nor-*

male și ele vor trebui aplicate în general, în afară de cazuri speciale, pe care le voi semna la timp. Ce puteți face, este să exercitați în acest început de lucru o oarecare presiune asupra discului superior, uniform repartizată : abrazivul lucrează mai eficient. Treptat însă veți renunța la presiuni — apăsarea fiind dată numai de greutatea oglinzii și ceva din greutatea mîinilor care se sprijină pe marginea oglinzii pentru ghidare și conducere în mișcări.

Nu insist prea mult asupra procesului de șlefuire care, sînt sigur, îl cunoașteți suficient de bine. Astfel, procesul de degroșare va continua pînă la atingerea curbării căutate, pe care o puteți controla, fie cu un calibru adecvat din tablă, fie printr-o metodă mai expeditivă. Anume, udați abundant oglinda, bine spălată și îndreptați-o spre Soare, căutînd locul unde, pe un mic ecran alb, se formează o imagine destul de difuză a Soarelui, dar cu dimensiuni minime și maximum de claritate posibilă. Măsurați distanța dintre ecran și oglindă : cînd veți ajunge ca aceasta să fie de 1 500—1 600 mm, încetați lucrul cu abrazivul grosier. Mai continuați, doar dacă distanța este de peste 1 700 mm ; iar dacă este mai mică de 1 500 mm, lucrați la fel, dar inversînd poziția discurilor : puneți oglinda pe postul de lucru și acționați cu matrița sus, cu exact aceleași mișcări. În acest fel, prin inversarea poziției discurilor, aveți posibilitatea să ajungeți foarte aproape de valoarea distanței focale dorite.

Operația de degroșare, prin care realizați concavitatea necesară, este urmată de cea de finisare (unii utilizează sumedenie de termeni — eu mă rezum la degroșare, finisare, polisare). Veți trece deci la abrazive din ce în ce mai fine și în cantități tot mai reduse, sporind treptat procentul de apă adăugată. Evident, pentru a nu risca zgîrieturi ce pot distruge o muncă de ore, la fiecare schimbare de abraziv, va trebui să procedați la o curățenie riguroasă, pentru a elimina orice grăunte mai mare de abraziv. Cît privește momentele schimbărilor de abraziv, ca granulație —, țineți minte că veți trece la un abraziv mai fin, după eliminarea *tuturor* accidentelor lăsate de granulația precedentă ; altfel vor rămîne puncte, veritabile găuri ce nu vor mai fi eliminate de un abraziv prea fin. Cam cît se lucrează cu

fiecare? Iată aici câteva cifre, cu totul orientative, care este bine totdeauna să fie depășite.

Granulație	Reprize de lucru	Granulație	Reprize de lucru
Șmirghel mediu	30	Decantat 1 ^{min}	10
Decantat 1 ^{min}	25	Decantat 3 ^{min}	10
Șmirghel fin	20	Decantat 5 ^{min}	10
		Restul abrazivelor — 10 ^{min} , 20 ^{min} , 40 ^{min}	cîte 5—6

Pe măsură ce lucrul înaintază, trebuie să reduceți progresiv cantitatea de abraziv utilizat la fiecare repriză de lucru și să aveți grijă ca el să fie cât mai uniform repartizat. Cantitatea de apă devine treptat mai mare, ajungând la un fel de „lapte de abraziv” foarte fin. Evident și duratele unei reprize cresc — de la 3—4 minute la început, la 8—10 minute spre finele lucrului cu abraziv.

Ce defecte pot să apară la sfârșitul finisării?

Primul și cel mai grav ar fi acela al „muștei”: suprafața oglinzii tinde spre o hiperbolă, în timp ce matrița rămâne la calotă sferică; „musca” reprezintă diferența între cele două suprafețe. Cauza rezidă în cursele prea lungi — deci remedierea defectului constă în continuarea lucrului cu curse 1/3—1/4, timp suficient pentru eliminarea lui.

Alt defect: calotă sferică deformată după diferite diametre: ați lucrat prea mult fără să rotiți oglinda sau fără să vă schimbați poziția. Reluați finisarea cu abrazivul cel mai fin și curse 1/3—1/4.

Zgîrieturi: nu ați avut grijă de curățenia postului de lucru la schimbarea abrazivelor. În acest caz trebuie să reluați finisarea cu curse normale și de la un abraziv capabil să scoată zgîrieturile. Nu le puteți neglija — decît dacă sînt prea fine și nu mai multe de 2—3, aproape invizibile — deci, reluați lucrul cu curse de 1/3 și... în perfectă curățenie!

Gripajul discurilor la abrazivele cele mai fine. E un defect extrem de serios: ați lucrat fără apă suficientă și chiar cînd ați simțit că discurile aderă puternic, nu v-ați oprit. Nu

forțați desfacerea — riscați să spargeți măcar unul dintre discuri. Introduceți între ele câteva picături de petrol lampant și exercitați presiuni ușoare laterale. În ultimă instanță, dacă nu se poate altfel, recurgeți la clopotul unei mașini de vid, unde mai mult ca sigur că ele se vor separa.

O bună finisare semnifică o suprafață uniformă, fără puncte de abraziv mai mare, cu prelucrare de același grad și o formă foarte apropiată de cea a unei calote sferice ideale. De altfel, chiar în timpul lucrului puteți să vă dați seama de regularitatea suprafeței: dacă observați că acțiunea abrazivului este mai puternică pe zona centrală a oglinzii, inversați poziția discurilor; iar dacă, dimpotrivă, marginile avansează mai repede, măriți lungimea curselor — oricum apare pericolul de „muscă”. În finalul finisării, nu recurgeți — dacă ați auzit de ea — la proba „creionului”, care poate provoca zgîrieturi. Mai bine faceți „proba Zernicke”: puneți pe centrul matriței o picătură de apă — cele două discuri fiind bine spălate și uscate, iar matrița pe masa de lucru — și așezați oglinda pe matriță, concentric cu aceasta. Mai întii foarte repede, iar după aceea treptat, tot mai încet, picătura se va întinde în jur. Dacă ea se repartizează pe circa 2/3 din diametrul discurilor, treaba este foarte bună; de altfel nici nu trebuia să vă faceți prea multe griji, dacă ați lucrat liniștit, fără presiuni inadmisibile sau fără să uitați să faceți unele mișcări. În orice caz, calota sferică nu este încă perfectă — există diferențe, ca urmare a acțiunii abrazivului. Idealul va fi atins la polisare, de care ne vom ocupa în continuare. Mai faceți, un dublu control. Mai întii, udînd oglinda cu apă, căutați să obțineți, pe un mic ecran, imaginea discului solar, care trebuie să fie foarte clară în planul focal. În al doilea rînd, ținînd oglinda uscată la 2—3 cm de un text tipărit cu litere mai mari, veți putea distinge textul, dacă finisarea are un grad corespunzător de finete. Oglinda uscată, privită lateral sub un unghi de 30°—40° față de planul său general, reflectă slab imaginea unui filament de bec aprins, sau pe aceea a Soarelui.

Să presupunem însă că toate aceste probe le-ați făcut și că ele v-au dat rezultate pozitive, astfel încît putem să trecem la pregătirea polisurului. Aici nu mai avem, practic, de-a face cu un proces de rupere, de roadere a sticlei,

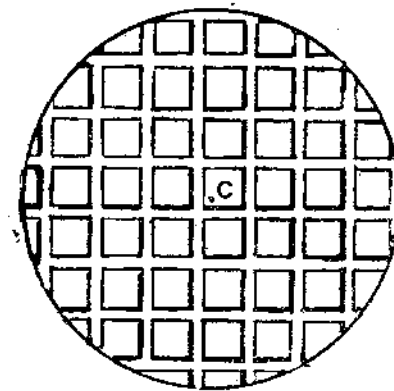
ci de eliminare a accidentelor lăsate de abrazive, printr-o adevărată lustruire, care ne va duce la o suprafață perfect transparentă, dar concavă — pentru oglindă, ea fiind singura ce va fi polisată.

Mai întâi, facem curățenie în atelierul nostru, pentru eliminarea oricărui grăunte de abraziv, care acum devine un inamic redutabil. După aceasta, alegem o cantitate de circa 1 kg de smoală de bună calitate : din smoala de petrol eu folosesc cu mult succes, smoala 60 — aceea care se topește cam la această temperatură. Să punem smoala, curată, într-un vas și să o topim foarte lent, pe un foc mic — cu grijă, ca să nu se aprindă. În cazul aprinderii, **NU TREBUIE SĂ TURNĂȚI APĂ !** Luați o cârpă mare și înăbușiți flacăra, care nu este prea violentă. După topire, filtrați smoala printr-un tifon întins pe un cadru, în scopul înlăturării impurităților inerente. Încercați în același timp și duritatea smoalei : în timpul topirii, scoateți puțin din ea, lăsați-o să se răcească și apăsați pe ea cu unghia, nu prea puternic : dacă după câteva secunde unghia lasă un semn marcat, duritatea este cea corespunzătoare. Dacă este prea moale, continuați să o mai țineți pe foc, pentru eliminarea unei părți din substanțele sale volatile iar în caz contrar, adăugați citiva cm³ de petrol lampant pentru a o aduce la duritatea necesară.

Prepararea polisurului se poate face în două moduri. Deși unul dintre ele este mai expeditiv, vi-l descriu pe cel de-al doilea, indicat de mari opticieni (Ritchey, Texcreau, Common). În acest scop, puneți pe o placă de lemn, o bucată corespunzătoare de hirtie tare și apoi, mai multe baghete de lemn, paralele, la distanțe de 25 mm una de alta; ele vor avea 7—8 mm înălțime.

Turnați acum smoala fierbinte între baghete, obținând, după răcirea ei, fișii de smoală de 25 mm lățime și circa 7 mm grosime. Scoateți baghetele și apoi desprindeți fișile de smoală, de pe care veți îndepărta hirtia. Și acum tăiați pătrate de 25 mm latură din aceste fișii, pe care le veți fixa pe matriță, potrivit schemei din figura 3.1. Este important ca centrul matriței să nu coincidă în nici un caz cu centrul vreunui pătrat sau să se găsească pe un spațiu liber — altfel veți obține, în orice caz, defecte cu caracter simetric, distrugătoare pentru imagini.

3.1 Caroiajul polisurului;
C — centrul polisurului.



Lipirea pătratelor se face foarte ușor : desenați mai întâi pe matriță rețeaua de linii și apoi luați câte un pătrat de smoală al cărui spate îl încălziți ușor la flacăra unei luminări. Când este pe punctul de a se forma o picătură de smoală (dar fără deformarea pătratului), aplicați pătratul în locul marcat și țineți-l apăsat puțin, câteva secunde : el se va lipi în locul respectiv. Unii opticieni recomandă ca înainte de aceasta, pe matriță să se aplice o peliculă subțire de ceară de albine — nu parafină sau altă substanță. După ce terminați lipirea, tăiați marginile pătratelor care ies în afara matriței : polisurul este gata pentru... operația următoare.

Astfel așezate, pătratele nu se găsesc nicidecum la același nivel. Egalizarea se face prin presare la cald ; în acest sens, încălziți oglinda în apă, până la 35° cel mult și apoi uscați-o rapid și bine. Puneți pe matriță o bucată de hirtie de calc și apoi oglinda, cu fața concavă ; peste oglindă puneți acum o greutate de 3—4 kg și lăsați această combinație ca atare timp de 30—40 de minute. Când veți scoate oglinda, toate pătratele trebuie să poarte o marcă mată, lăsată de hirtia de calc — dacă nu este așa, repetați presarea la cald. Îndepărtați smoala din șanțuri — în nici un caz pătratele nu trebuie să se atingă între ele — și, după aceea, întindeți pe oglindă o peliculă subțire de oxid roșu de fier și apă, așezind din nou oglinda pe matriță — dar, de data

aceasta, fără hîrtie de calc. Puneți din nou greutatea și faceți această presare la rece timp de o oră — o oră și jumătate. Facem încă de pe acum o precizare : *presarea la rece va preceda toate perioadele de lucru.*

Iată-ne în faza în care putem începe polisarea. Aceasta nu se face la temperaturi mai mici de 18° — 19° și mai mari de 24° — 25° în mediul ambiant. În același timp, polisarea este mult mai eficientă și dă rezultate superioare calitativ, dacă o ședință de lucru durează mai mult de o oră. În timpul lucrului, oglinda se încălzește, întregul sistem intră într-un regim termic uniform care contribuie în mod substanțial la obținerea unei suprafețe corecte. A lucra o oră este bine ; a lucra două ore — timp în care pauzele sînt numai cele necesitate de înprospătarea oxidului roșu de fier — este excelent.

Modalitatea de lucru este oarecum identică celei de pînă acum. Anume, după presarea la rece de care vorbeam mai înainte, puneți cu ajutorul unei pensule moi o peliculă de oxid de fier și apă pe oglindă ; așezați oglinda pe matrița acoperită acum cu pătratele de smoală — devenită în această fază, polisori — și lucrați cu curse normale ($1/3$ D) și centrate, cu o frecvență de cel mult 40—50 de curse pe minut, cu rotirea lină a oglinzii, respectiv a voastră în jurul postului de lucru. Nu lucrați sacadat și nu faceți mișcări variate periodice, spre a nu căpăta erori periodice. În fine, lucrați în reprize cît mai lungi — 10 minute de lucru continuu nu este mult — dar puneți pe oglindă și pe polisori soluție de oxid suficientă, pentru a nu ajunge să lucrați pe semiuscăt. Deseori, înprospătarea oxidului se face numai prin glisarea laterală a oglinzii — în sensul executării curselor și ungerea, prin pensulare, a polisoriului sau a oglinzii : această din urmă metodă este posibilă prin faptul că, alternativ, este bine să polisați cu oglinda sus, respectiv, cu oglinda jos (pe postul de lucru). În acest fel, polisarea va decurge uniform, fără ca centrul sau marginile oglinzii să avanseze.

După trei—patru reprize de lucru, vă puteți opri totuși cîteva minute, spre a spăla oglinda, *nu și polisoriul*. Spălarea trebuie să o faceți cu apă la temperatura atelierului — mai bine zis, cu apă caldută, la 24° — 26°C . Și fără să uscați oglinda, refaceți provizia de roșu — încetul cu încetul mai subțire, adică mai multă apă — și continuați lucrul. În pauze-

le de lucru — de la o zi la alta, oglinda va fi lăsată cu oxid roșu pe ea, pe polisori și totul va fi acoperit cu o cîrpă umedă, curată — eventual și cu o greutate de 0,5—1,0 kg.

Spre finalul operației de polisare, oglinda merge ca pe ăle, fără șocuri sau alte defectiuni : dacă se produc blocări, ceva nu este în regulă — vreo hiperbolă de finisare, ați uitat să faceți presarea la rece sau nu ați degajat șanțurile polisoriului de smoală — deci pătratele amenință să se atingă etc. În cazuri mai grave — de aceea vă spun să nu vă grăbiți, în general, la o astfel de lucrare —, va trebui să reveniți tocmai la finisare — deci să dați jos smoala și să asigurați o curățenie deosebită a polisoriului care redevine matriță de finisare.

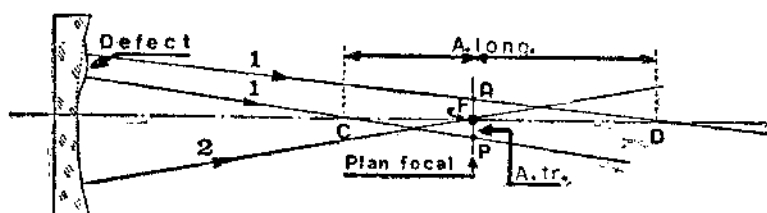
Polisarea este o operație care, inițial, avansează foarte repede : după numai 2—3 ore de lucru, oglinda începe să se clarifice, să redevină transparentă. Dar chiar după 6 sau 7 ore de lucru, tot mai persistă o multitudine de puncte mici — „gri“—ul opticienilor. De aceea vă sfătuiesc să nu lucrați mai puțin de 8—10 ore la polisare, și chiar mai mult, inclusiv ideea de a *vă feri de orice control optic* ! Lucrați cu încredere, în liniște și oglinda voastră, în finalul operației, se va dovedi aproape gata, ca o calotă sferică aproape perfectă. De aceea nici nu v-am spus nici un cuvînt despre controlul optic și despre parabolizare — operații care nu trebuie făcute decît în finalul lucrării. Aceasta nu înseamnă că vă puteți dispensa de control — nu numai la parabolizare, dar chiar și la controlul calotei sferice ; există din păcate amatori care, lucrînd la oglinzi sferice, consideră că controlul nu mai este necesar — păcat ! Niciodată nu vor avea o oglindă de calitate recunoscută, capabilă de a primi calificativul de oglindă pentru telescop astronomic !

Criterii de optică ondulatorie arată că o oglindă, pentru a da imagini corespunzătoare din punct de vedere optic, trebuie să satisfacă cel puțin criteriul stabilit de lord Rayleigh și anume, defectele sale, abaterile de la suprafața optică ideală trebuie să fie mai mici de $1/8$ din lungimea de undă cea mai eficientă pentru ochi ($\lambda=5\,600\text{ \AA}$) :

$$\epsilon_{\max}=0,07\text{ }\mu\text{m.}$$

Alți observatori arată că pentru un instrument de calitate, destinat observațiilor planetare, limita este și mai strînsă — chiar sub $\lambda/16$. De aici și necesitatea unui control riguros — prin metode optice, dat fiind faptul că nici un sistem mecanic nu poate măsura astfel de diferențe. Metoda de apreciere calitativă a oglinzilor concave se bazează pe unele aspecte a căror importanță a fost recunoscută de către cunoscutul fizician francez Léon Foucault (1819—1868) — cel care a stabilit și metoda șlefuirii oglinzilor de telescop din sticlă. Iată despre ce este vorba.

Să privim figura 3.2 unde este prezentată o oglindă concavă, marcată de o defecțiune. Se vede ușor că, în timp ce razele de lumină reflectate de zona corectă a oglinzii



3.2. Defect pe oglindă; A. long.: aberație longitudinală (CD); A. tr.: aberație transversală (AP); F: focar; 1, 2: raze de lumină.

trec printr-unul și același punct, focarul, o rază reflectată de zona defectă trece mult departe de focar — fie înainte, fie după acesta. Or, pe baza acestui principiu, să plasăm în imediata vecinătate a centrului de curbură al oglinzii, o sursă luminoasă fină — o fantă cu deschiderea de ordinul câtorva zeci de micrometri. Lumina ajunsă de la fantă la oglindă se va reflecta aici, formînd o imagine a fantei. Ei, bine, introducînd în fasciculul reflectat o lamă opacă, vom vedea parcă pe oglindă înaintînd o umbră — în același sens cu lama dacă sîntem mai aproape decît locul de formare a imaginii, sau în sens invers, dacă sîntem mai departe. Iar în cazul în care ne plasăm exact în planul imaginii, dacă oglinda este bine realizată, vom observa o întunecare rapidă, pe măsură ce lama interceptează lumina, pînă la stingerea completă. Dacă însă oglinda prezintă defecte, în locul

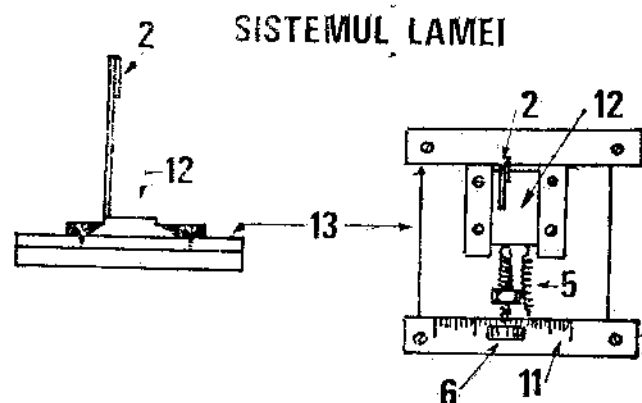
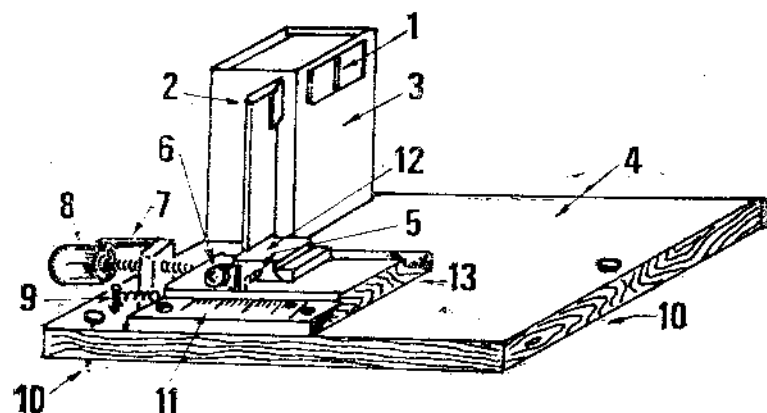
stingerii uniforme, vor apare în imagine o serie de umbre caracteristice, care ne arată „pe viu”, toate defectele suprafeței.

Avem deci o metodă foarte precisă de apreciere calitativă a suprafeței oglinzii noastre — totul este să ne realizăm „aparatură Foucault”. Dotîndu-l și cu un sistem de măsurare, aparatul nostru ne va ajuta să și cifrăm defectele, să cunoaștem unde și cum trebuie să acționăm, pentru a corecta oglinda și, în particular, să o parabolizăm la momentul potrivit.

Fără prea multe comentarii vă dau în figura 3.3 schema unui aparat Foucault nu prea complicat. Sursa de lumină este constituită de un bec montat într-o lampă mignon sau, preferabil, un bec auto de 12—21 W, alimentat de la o sursă potrivită (12 V). Sursa este montată într-o cutie prevăzută cu o deschidere de circa 10×5 mm, unde vom așeza o fantă executată din două lame de ras normale. Cele două lame se vor apropia una de alta, pînă ce deschiderea dintre ele se va reduce la un simplu fir — cînd o privim în dreptul unui izvor luminos — de grosime constantă, adică cele două lame trebuie să fie riguros paralele. Deși pare greu, paralelismul este elementul cel mai ușor de realizat — ochiul este foarte sensibil la astfel de aprecieri.

În imediata vecinătate a sursei de lumină, se plasează lama opacă — tot o lamă de ras. Ea va fi fixată la aceeași înălțime cu fanta, pe un suport mobil în două sensuri: unul transversal, prin șurubul 12 și un al doilea, longitudinal (13), cu cursă de circa 50 mm, în dreptul unei gradații precise, milimetrice. Aceasta este necesară pentru cifrarea „aberațiilor longitudinale”, atunci cînd vom face parabolizarea și controlul ei. Inutil de a preciza că lama opacă trebuie să fie paralelă cu fanta, pentru a putea face controlul fasciculului de raze reflectate, pe toată suprafața oglinzii.

Să presupunem acum că am ajuns cu oglinda în faza de control optic, adică polisarea este, practic încheiată. Examinarea suprafeței optice ne-a arătat că nu mai avem puncte de abraziv pe ea — cel mult unul sau două la $3-4 \text{ cm}^2$ — și nici zgîrieturi. Aparatură Foucault fiind gata, să trecem la examinarea calitativă: în fond, în această etapă avem nevoie ca oglinda noastră să fie efectiv sferică, pentru a putea trece la parabolizare.



3.3 Aparatul Foucault ;

- 1 — fantă
- 2 — lamă de obturare
- 3 — cutie-sursă de lumină
- 4 — suport
- 5 — arc spiral
- 6 — șurub M6 cu tambur divizat în 100 de părți și piuliță fixă
- 7 — indicator

- 8 — tambur divizat în 100 de părți, la șurub M6
- 9 — arc spiral
- 10 — șuruburi de poziție
- 11 — rigletă divizată în milimetri
- 12 — cursorul lamei pentru deplasare transversală
- 13 — cursorul pentru deplasare longitudinală

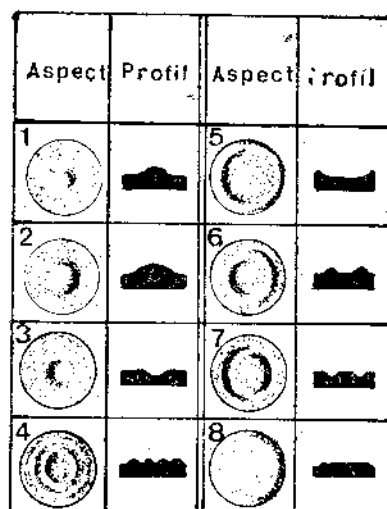
Se așază oglinda pe un suport stabil, lipsit de vibrații, la o înălțime cât mai apropiată de înălțimea fantei aparatului care, la rândul său, se plasează față de oglindă la o depărtare cu puțin mai mare decât raza de curbură a acesteia — în cazul nostru, la 3 000—3 200 mm, plus 30—40 mm. Se aprinde becul și se îndepărtează fanta, pentru a putea găsi imaginea reflectată de oglindă (aceasta nefiind argintată, reflexul nu este prea puternic). Dacă aceasta apare mai mică și răsturnată, ne vom apropia de oglindă cu tot aparatul, fără a pierde imaginea din ochi. Vor fi necesare destule căutări pînă ce ne vom putea plasa în imediata vecinătate a punctului de formare al imaginii, adică acolo unde oglinda ne va apare complet și intens luminată. Acum punem fanta și începem să privim oglinda pe lângă marginea lamei opace și dintr-un loc situat imediat în spatele acesteia: de aici va trebui să vedem oglinda complet luminată.

Ajunși la acest aspect, începem să acționăm șurubul 12, pentru intersectarea fasciculului de raze. La un moment dat, vom observa umbra care înaintază pe oglindă: dacă ea înaintază în același sens cu lama, depărtăm lent lama cu șurubul 13 (eventual tot aparatul) de oglindă și facem o mișcare inversă, de apropiere, dacă umbra înaintază în sens contrar. În felul acesta ajungem, prin tatonări, să ne plasăm exact în centrul de curbură — mai precis, într-un loc transversal vecin —, unde trebuie să facem observarea aspectului oglinzii.

În acest punct, mai întii scoatem, prin acțiunea șurubului 12, lama din fasciculul de raze: vom vedea oglinda uniform luminată. După ce ne familiarizăm cu acest aspect, începem să introducem lama în fascicul și privim mereu spre a vedea ce se petrece acolo.

Oglinda începe să se întunece treptat, pînă ce dispare cu totul, fără nici un fel de umbre parazite. În acest caz, oglinda este perfect sferică ! Măsurăm distanța exactă de la fantă la oglindă și pe cea de la oglindă la lamă: dacă prima distanță este x iar cea de a doua este y , distanța focală a oglinzii, măsurată acum exact, este :

$$f = \frac{xy}{x+y} . \quad (3.2)$$



3.4 Defecte pe o oglindă sferică (descriere în text)

Bine ar fi să fie așa, pentru că am putea trece imediat la parabolizare; dar, de obicei, apar defecte infime, destul de ușor de corectat în marea lor majoritate. Asta e și mai bine, pentru că învățăm să corectăm defectele — poate cu altă ocazie facem o oglindă mai pretențioasă, la care obținerea unei sfere nu mai este chiar atât de facilă.

Să vedem acum pe scurt, care sînt defectele cele mai frecvente și ce anume trebuie să facem pentru a le elimina. Priviți figura 3.4, unde am reprezentat defectele cele mai frecvente. Veți remarca mai întîi faptul că ele au o simetrie centrală; dacă pe oglinda voastră nu apare un astfel de caracter e cam neplăcut —, dar ați comis greșeli grave: nu ați rotit oglinda la fiecare cursă sau nu v-ați rotit voi în jurul postului de lucru; ați presat inadmisibil în anumite faze de lucru sau ați lucrat excesiv cu aceeași doză de oxid, pînă ce apa a dispărut aproape cu totul, acțiunea oxidului devenind mai energică decît în alte zone. Cu speranța însă că nu s-a întîmplat așa ceva, iată descrierea defectelor principale și remediile lor.

1. *Umflătură centrală redusă.* Luați puțin oxid umed pe degetul opozabil și polisați cu el, lent și fără presiune, timp

de un minut. Examinați din nou și continuați încă un minut dacă e nevoie.

2. *Umflătură centrală importantă.* Polisați timp de 2 pînă la 3 minute cu oglinda deasupra, excentric, zona umflăturii frecînd bordul polisurului. Cîrsele vor fi de $1/4 D$, în zigzag, de la stînga la dreapta și înapoi, pe o distanță numai aproximativ egală cu diametrul observat al umflăturii, spre a face și racordarea cu restul suprafeței. Dacă la control acțiunea apare ca insuficientă, continuați, dar în reprize nu mai lungi de cîte un minut.

În paranteză fie spus, de fiecare dată cînd faceți examinarea umbrelor Foucault, după așezarea oglinzii pe suport, **LĂSAȚI OGLINDA FĂRĂ A O ATINGE, TIMP DE CÎTE 15—20 MINUTE, SPRE A LUA TEMPERATURA MEDIULUI AMBIANT — ALTFEL MĂSURILE NU AU PRACTIC NICI UN FEL DE VALOARE.**

3. *Gaură centrală.* Faceți un mic polisur de circa 4 cm diametru și polisați marginile depresiunii și puțin dincolo de ea, pentru a realiza racordarea cu restul suprafeței. Ca și în cazurile precedente, veți lucra în reprize scurte, de cîte un minut.

4. *Ondulații multiple.* Defectul este mai important și poate necesita intervenții mai serioase. Reluați polisarea generală cu curse de $1/3 D$, fără presiuni și mișcări sacadate și lucrați fără întreruperi mai mari de 3—5 minute, timp de cel puțin două ore. Cauza defectului nu poate fi decît polisare cu smucituri și presiuni inadmisibile. În ultimă instanță, defectul poate duce la sacrificarea întregii operații de polisare: va trebui să scoateți smoala și să reluați finisarea cu cel mai fin sortiment de abraziv timp de 2—3 ore. De-abia după o astfel de revenire la finisare, veți putea relua polisarea cu toate operațiile descrise.

5. *Inel marginal în relief.* Așezați oglinda pe postul de lucru și polisați ușor, fără presiuni, cu polisurul mișcat excentric, în zigzag spre dreapta și stînga pe distanțele laterale de 15—35 mm; cursele nu vor depăși $1/4—1/5 D$, iar durata unei reprize de lucru va fi, ca și în alte cazuri, de un minut.

6. *Inel interior în relief.* Polisați zona inelului, cu oglinda deasupra și zona de inel tangentă la marginea polisurului —

deci polisare excentrică — cu curse de $1/4 D$. Veți face aceeași polisare pe întreaga circumferință a inelului, cu atât mai ușor cu cât defectul este mai puțin marcat.

7. *Inel interior în adâncime.* Iată un caz în care retușul este foarte delicat. Dacă defectul nu este prea marcat, executați o presare la cald (prin încălzirea oglinzii în apă la $30^\circ - 35^\circ$, după ce ați pus pe polisor un inel de hirtie subțire, cu diametrul corespunzător zonei defecte. După aceea, scoateți inelul de hirtie și polisați timp de 10—12 minute, cu curse normale; după control, dacă este nevoie, mai faceți 2—3 reprize de lucru de câte cel mult două minute.

8. *Bord rabătut.* Tratați defectul ca la nr. 5, considerînd o altă suprafață de undă — considerent pur teoretic — adică, socotind că nu bordul ar fi rabătut, ci toată suprafața interioară ar fi la nivel superior. Chiar dacă suprafața vi se pare mare, nu depășiți durata unei reprize, este stabilită la 4 minute, iar lungimea curselor limitați-o la cel mult $1/3 D$.

Iată principalele defecte ce pot apare la polisare. V-aș atrage însă atenția asupra faptului că operațiile de corecție se referă la defecte de ordinul lungimilor de undă, deci zecimi de micron și chiar mai puțin. Prin aceasta vreau să vă spun că trebuie să lucrați cît se poate de lin, fără presiuni și, mai ales, fără să depășiți o frecvență de 40 de curse pe minut. În fond, pe această oglindă faceți și școală — o școală deosebit de importantă pentru oglinzile viitoare. Cît privește importanța defectelor, mărimea lor, aceasta poate fi apreciată din intensitatea umbrelor: dacă acestea sînt pale, trecerile de la umbră la lumină sînt fine, înseamnă că profilele sînt foarte mici — spre deosebire de cele unde diferențele de umbră și lumină sînt bine conturate și observabile la prima vedere. O practică a observării umbrelor este, deci binevenită. Și încă ceva, în practicarea acestor observații: efectuarea lor presupune plasarea întregii instalații într-o încăpere lipsită de curent și de trepidații, dar nu complet întunecată. Chiar se recomandă o lumină difuză, pe fondul căreia să puteți vedea oglinda, iar ochiul să fie pus în condiții optime de observare; iar dacă lucrați cu alți colaboratori — ceea ce este indicat —, ei să nu fie prea mulți în încăpere (1—2 în afară de operator) și, mai cu seamă, să nu stea în apropierea oglinzii, spre a nu crea prin

prezența lor, curenți de aer cald. De exemplu, puteți face o experiență: în timp ce observați umbrele Foucault, puneți pe cineva să țină mîna sub oglindă. *Veți vedea curenții de aer cald* creați de mîna colaboratorului vostru; iar dacă îl puneți să atingă oglinda cu un deget, timp de 3—4 secunde, în locul respectiv, pe oglindă, veți vedea o uriașă umflătură, care vi se va părea un munte imposibil de polsat!

Dacă ne-am fi pus problema realizării unei oglinzi sferice, cu cele de pînă acum, lucrarea ar fi încheiată. Dar noi am plecat de la ideea realizării unei oglinzi parabolice; mai ales pentru variabilisti, ei trebuie să facă neapărat o oglindă parabolică, dat fiind faptul că, pentru ei, este necesară o oglindă cu raportul F/D mai mic de 7,5. Aceștia trebuie să șlefuiască o oglindă de 200 mm diametru, cu raport F/D de cel mult 6, dacă nu 5; or, aceasta presupune o parabolizare și mai accentuată — nu dificilă, dar nici simplă. În caz contrar, cîmpul observabil cu imagini corecte va fi mult mai mic — în afara lui, imaginile stelelor avînd aparenta unor picături de toată frumusețea, dar demne de... toată critica! Motivul? **ABERATIA DE SFERICITATE**, în primul rînd și **COMA** în cel de-al doilea. Iată motivația parabolizării: eliminarea acestor două defecte principale ale oglinzilor sferice, prin deformarea calotei sferice și transformarea ei în vîrfurile unui paraboloid de revoluție, cu axă identică axei optice a oglinzii. Dar cum se face parabolizarea și, mai ales, cum se verifică corectitudinea ei? De acest lucru ne vom ocupa în cele ce urmează.

În pofida temerilor, operația de parabolizare este chiar mai simplă decît ne-am putea imagina — succesul depinde de atenția și răbdarea operatorului. În fond, nu trebuie să facem altceva decît să adîncim puțin centrul calotei noastre sferice sau să „turtim” puțin zona marginală. În figura 3.5 sînt prezentate metodele clasice de parabolizare: iată cum se procedează.

În metoda clasică (*A* din fig. 3.5) se execută curse lungi și deport lateral maxim — pînă la $4/5 D$ —, oglinda fiind deasupra. Pentru adîncirea centrului, acesta poate fi ușor presat, fiind condus în același timp, pe periferia polisorului. Iar pentru rabaterarea bordului, el va fi presat nu prea puternic, pe polisor, în timpul curselor efectuate.

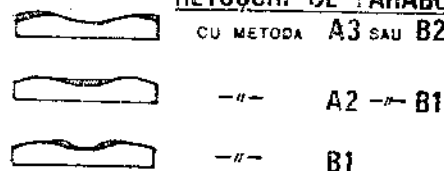
A. METODA CLASICĂ



B. METODA PRESIUNILOR



RETUȘURI DE PARABOLIZI



3.5 Metode de parabolizare; O — oglinda;

P — polisorul.

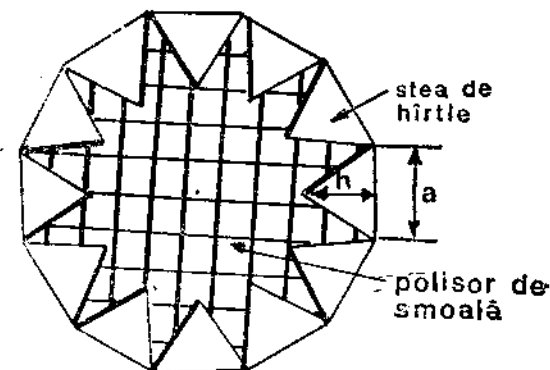
La aplicarea metodei presiunilor (B din fig. 3.5), se execută curse scurte ca în desen, polisorul (aflat deasupra) fiind presat nu prea puternic, pe zonele hașurate. Se va avea în vedere și necesitatea racordării line a suprafeței — ceea ce înseamnă că presiunile vor fi mai mari la centru sau pe marginea extremă (după cerințele scopului urmărit) și mai mici pe măsură ce se lucrează la zone mai apropiate de cele care nu trebuie deformate. Acest lucru se vede mai bine în fig. 3.5 C în care sînt reprezentate zonele care trebuie eliminate: cele hașurate. De asemenea, am indicat și metoda care poate fi aplicată pentru obținerea rezultatelor corecte. Inutil să insist asupra faptului că lucrarea trebuie condusă cu atenție, iar reprizele de lucru nu trebuie să depășească durate de 2—3 minute, după care vom controla rezultatele.

Există și o altă metodă de parabolizare — poate mai simplă, dar aplicabilă la oglinzi cu luminozități mai mari, acțiunea fiind ceva mai rapidă; deci, dacă o aplicați, lucrați cu mare atenție. Iată în ce constă ea.

După ce ați realizat sfericitatea oglinzii la finisare și apoi la polisare — controlată după cum spuneam, încălzim ușor polisorul, pe care aplicăm o coroană de hîrtie de desen în formă de stea avînd elementele:

$$\left. \begin{aligned} a_{mm} &= D \sin \frac{180^\circ}{n} \\ h_{mm} &= 1/3 D \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

unde a_{mm} — lungimea arcului a din figura 3.6, exprimată în milimetri; D — diametrul oglinzii în milimetri; h_{mm} — înălțimea triunghiurilor stelei și n — numărul de triunghiuri.



3.6 Polisor „în stea” pentru polisare rapidă.

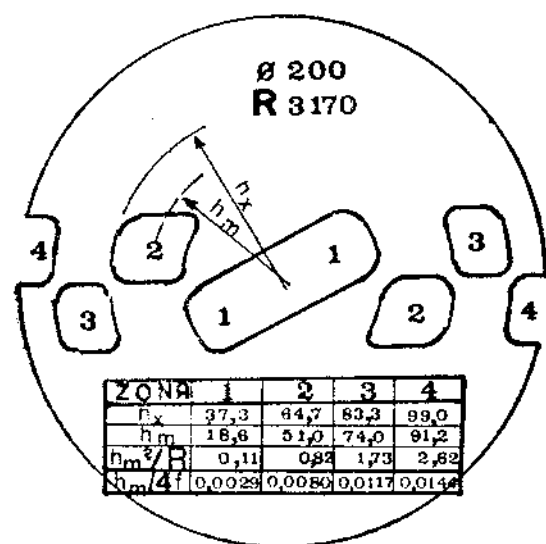
Pentru oglinzi în jur de 150 mm diametru vom face 10 triunghiuri; pentru 200 mm vom face 14 astfel de figuri, iar pentru un diametru de 300 mm sau mai mult vom face 16 triunghiuri.

După așezarea stelei pe polisor, riguros concentric, așezăm peste polisor oglinda — și ea încălzită ușor în apă, așa cum am mai făcut. Facem deci o presare la cald, pînă ce urma stelei de hîrtie se imprimă pe polisor cu toată grosimea; operația va fi repetată și în timpul lucrului, de fiecare dată cînd această amprentă tinde să dispară. Și acum, putem trece la lucru: anume, aplicînd această metodă, să lucrăm ca la polisare, timp de 3—4 minute, cu curse nor-

male de $1/3 - 1/4 D$. Spălăm apoi oglinda, o ștergem ușor și o uscăm, după care trecem la măsurători — dar nu înainte de 15–20 de minute după așezarea oglinzii pe suport. Înainte însă de aceasta, trebuie să ne confectionăm ecranul special — conceput de un mare astronom și optician francez, André Couder (1897–1979) — și să învățăm cum se fac măsurătorile necesare. Trebuie să lucrăm cu multă atenție; nu trebuie să uităm că, mai ales acum, avem de-a face cu sutimi de micron — fapt care exclude orice neatenție sau grabă. Două minute lucrate în plus, necontrolat, pot face să fie necesare două ore de rețușuri...

Revenind la elementul practic, menționez că pentru control și cifrare vom aplica o metodă Foucault modificată și anume, metoda egalizărilor fotometrice a ferestrelor „ecranului Couder”, care ne permite cotarea suprafeței — deci o dirijare precisă a lucrului pe zone, respectiv a paraboloidului de care avem nevoie.

Să confectionăm deci, ecranul Couder, ale cărui caracteristici sînt indicate în figura 3.7. După ce vom tăia cu



3.7. Ecranul Couder.

mare atenție ferestrele 1, ... 4, vom măsura cu cea mai mare atenție diametrele *reale* interioare și exterioare ale acestora (măsurări repetate și calcularea mediilor), înscrind pe ecran cifrele obținute. Să presupunem că avem, în milimetri, următoarele valori:

Fereastra	1	2	3	4
h_x	37,3	64,7	83,3	99,0

În această situație, vom determina valorile pentru indicele h_m care vor fi — în exemplul nostru — următoarele:

Fereastra	1	2	3	4
h_m	18,6	51,0	74,0	91,2

(acestea sînt, după cum se vede, razele medii ale fiecărei ferestre)

Calculăm acum, în funcție de R (raza de curbură a oglinzii — cea reală, măsurată cu aparatul Foucault mai înainte), valorile h_m^2/R . Să presupunem că am găsit la măsurile anterioare, că distanța focală reală a oglinzii este de 1 585 mm — deci $R = 3\,170$ mm; de aici, calculăm valorile h_m^2/R și $h_m/4f$:

Fereastra	1	2	3	4
h_m^2/R	0,11	0,82	1,73	2,62
$h_m/4f$	0,0029	0,0080	0,0117	0,0144

Toate aceste valori, după cum vedeți și în figură, vor fi înscrise pe ecranul nostru, unde vom mai înscrice și valoarea raportului F/D , ca și valoarea ρ : aceasta este valoarea în

micrometri a diametrului discului de difracție dat de oglindă în planul focal principal, format ca imagine a unei surse luminoase punctiforme, situate la infinit. Ea se calculează prin formula :

$$\varepsilon = 1,22 \cdot \lambda \cdot F/D \quad (3.4)$$

adică, pentru noi ($\lambda = 0,56 \mu\text{m}$, totdeauna pentru instrumente vizuale) ;

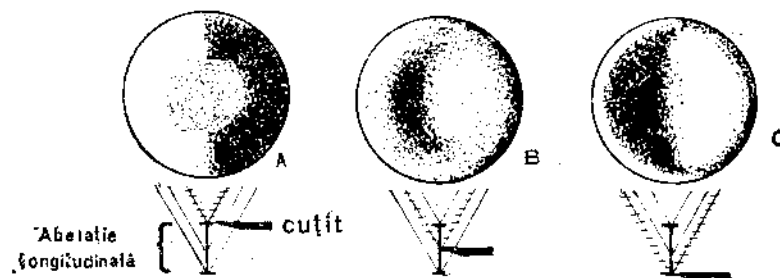
$$\varepsilon = 1,22 \cdot 0,56 \cdot 7,93 = 5,4 \mu\text{m}.$$

O proprietate a oglinzilor parabolice este aceea că ele dau imagini corecte, stigmatice, ale obiectelor situate la infinit ; în schimb, imaginile sînt afectate de aberația de sfericitate, dacă sursa se află în centrul de curbură. Or, valorile h_m^2/R exprimă tocmai mărimea acestor aberații, măsurate în lungul axului optic : aceasta este *aberația longitudinală*. Lungimea ei se calculează prin formula :

$$\Delta f = \frac{h^2}{R}, \quad (3.5)$$

unde Δf este segmentul aberației longitudinale ; h este raza oglinzii, iar R — raza de curbură. În cazul nostru, $h = 100 \text{ mm}$ și $R = 3170 \text{ mm}$, după cum am presupus pentru exemplul dat ; de aici, valoarea $\Delta f = 3,15 \text{ mm}$; în schimb, fiecare valoare h_m^2/R reprezintă aberația longitudinală a zonelor de oglindă cu raza h_m — deci vom studia oglinda pe aceste zone, ca și cum am avea mai multe oglinzi. Cum vom proceda la măsuri ?

Mai întii, după o prelucrare scurtă pe baza metodei (A/2 sau 3) de parabolizare, vom controla cu aparatul Foucault dacă obținem, fără ecranul Couder, aspectele din figura 3.8, pe un interval egal cu segmentul aberației longitudinale, de 3,15 mm. După aceea, fixăm cu toată atenția oglinda pe suportul deja utilizat. De data aceasta, după ce ne-am plasat în centrul de curbură cu lama opacă, așezăm exact în fața oglinzii, orizontal, ecranul. Trebuie să fim atenți pentru a asigura paralelismul fantei aparatului cu lama opacă ; axa de deplasare a lamei în lungime trebuie să fie efectiv paralelă cu axa optică a oglinzii. De-abia după



3.8. Aspecte pe o oglindă parabolică

asigurarea acestor condiții putem așeza ecranul în fața fantei fără a atinge sau deplasa oglinda — e necesară un pic de dexteritate.

Aparatul Foucault, mai precis lama opacă rămăsese în poziția în care observasem aspectul din figura 3.8 B, adică la intersecția lamei cu razele de lumină reflectate de zona centrală a oglinzii. Când vom fi așezat ecranul, vom observa că zona centrală (ferestra nr. 1 a ecranului), de regulă, nu apare uniform luminată, când începem să intrăm cu lama opacă în fasciculul de raze. Vom manevra încet lama, longitudinal, înainte — dacă partea stîngă este mai întunecată, sau înapoi — dacă dreapta este mai întunecată pînă ce, o dată cu intrarea lamei în fascicul, iluminarea zonei scade *uniform pe toată suprafața ferestrei nr. 1*. Acum sîntem în centrul de curbură al zonei nr. 1, adică zona centrală. Să notăm diviziunea de referință de pe scala gradată a aparatului și, după aceea, să depărtăm lama opacă, longitudinal, pentru examinarea zonei (ferestrei) nr. 2. Aici repetăm operația de intersectare a luminii cu lama opacă, căutînd punctul în care, prin pătrunderea lamei în fascicul ferestrele nr. 2 se întunecă treptat, *exact în aceeași măsură*. Notăm și acum diviziunea corespunzătoare de referință și apoi trecem la zonele 3 și 4, unde procedăm în același fel.

Ajunși la ultima pereche de ferestre cu egalizarea fotometrică (și aici facem fotometrie !), reluăm în continuare operația, dar în sens invers, ajungînd din nou la ferestra nr. 1. De fiecare dată vom nota diviziunea corespunzătoare

egalizării fotometrice a fiecărei perechi de zone, respectiv, pentru zona nr. 1.

După un număr ceva mai mare de astfel de determinări, precizia devine tot mai mare: mediile cifrelor obținute — de aceea se fac mai multe serii consecutive — ajung să dea erori de numai 0,2 mm și chiar mai mici. Să continuăm însă cu exemplul nostru și să presupunem că la punctările noastre am găsit, ca valori medii de punctări, cifrele:

Zona	1	2	3	4
Măsuri h_m^2/R valori de pe ecran	19,16 0,11	20,02 0,82	21,70 1,73	23,25 2,62

Vom presupune că cele mai bune punctări le-am făcut asupra zonei nr. 3 și, în acest sens, vom presupune că aici aberația este egală cu zero. Aceasta înseamnă că pentru a compara direct valorile h_m^2/R teoretice cu cele reale, din cifrele obținute la măsurile directe, va trebui să scădem o valoare constantă și anume:

$$21,70 - 1,73 = 19,97.$$

Prin scăderea constantei 19,97 obținem valorile h_m^2/R reale:

$$-0,81 \quad +0,05 \quad +1,73 \quad +3,28.$$

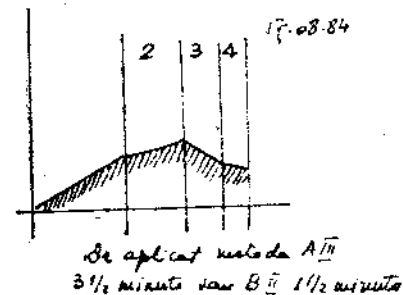
Comparând aceste cifre cu cele teoretice, vedem că diferențele sînt foarte mari: imediat ne dăm seama că tocmai zona 3 prezintă defecte — o dată ce corecțiile pentru trei zone apar cu semne pozitive cînd zona 3 este luată ca reper. Să adăugăm la valorile obținute, o altă valoare, de exemplu, +0,5; găsim următoarele valori:

$$-0,31 \quad +0,55 \quad +2,23 \quad +3,78.$$

Se pare că paraboloidul nostru nu e chiar așa de reușit! Să facem o schiță calitativă, gîndind și trasînd astfel (figura 8.9) un profil cu caracter general.

Dacă zona 1 are un reziduu de $-0,31$, aceasta înseamnă că raza de curbură e prea mică; adăugînd valoarea teoretică de 0,11 avem $0,31 + 0,11 = 0,42$ (cu semn negativ) față de zona de referință: zona 1 este deci prea adîncă și panta ei urcă. Pentru zona 2 vom avea, prin același raționament,

3.9. Grafic de parabolizare — notă de lucru.



$0,55 - 0,82 = -0,27$, ceea ce înseamnă că panta urcă în continuare. Mai departe, pentru zona 3 avem $2,23 - 1,73 = +0,50$ ceea ce, prin valoarea pozitivă, semnifică o pantă descendentă. La fel, deși cu o înclinare mult mai redusă, stau lucrurile și pentru zona 4 unde avem $2,78 - 2,62 = +0,16$. Graficul „la mîna liberă” ne arată imediat că avem zona 1 prea adîncă în raport cu celelalte — deci avem de „tocit” zonele 2, 3 și 4. Vom aplica în această situație metoda A3 indicată în figura 3.5 sau, cu mare atenție, metoda B2.

În felul acesta, înscriind în caietul de lucru — ținut încă de la începutul șlefuirii — toate intervențiile și profilele generale, putem conduce lucrul cu atenție și spre rezultatele scontate. În raport cu erorile calitative, vom aplica și corecțiile cele mai potrivite și de durate reduse, mai ales cînd diferențele încep să devină tot mai mici: nu vom depăși deci 4 minute de lucru la diferențe mari, în timp ce la diferențe mici vom lucra cel mult 1—1,5 minute, urmărind de fiecare dată ce se petrece, prin controlul cu ecranul Couder. Repet însă: nu vom face controale înainte de 20—25 minute de la oprirea lucrului și lăsarea oglinzii pe suportul ei de la aparat, ca să se răcească.

Treptat, diferențele dintre valorile teoretice și cele reale ale aberațiilor longitudinale h_m^2/R vor scădea; iar cînd ele

vor ajunge la 0,1—0,2 mm este cazul să ne oprim și, făcând măsurători foarte îngrijite, repetate și ele pe câte două diametre perpendiculare între ele (după care vom lua valorile medii), vom trece la elaborarea buletinului de control.

Vom „împrumuta” de la cunoscutul optician francez Jean Texereau formula de buletin de control; aplicată la exemplul nostru, iată cum arată el.

Buletin de control (exemplu)

Oglindă Ø 200 mm; R = 3 170 mm; F/D = 7,93 P = 1,22 · 0,56 · 7,93 = 5,4 μm					
1	Zona	1	2	3	4
2	h_z [mm]	37,3	64,7	83,3	99,0
3	h_m [mm]	18,6	51,0	74,0	91,2
4	h_m^2/R	0,11	0,82	1,73	2,62
5	$h_m/4f$	0,0029	0,0080	0,0117	0,0144
6	$O_1 O$ [mm]	20,85	21,32	22,44	23,29
7	$O_2 O$ [mm]	20,90	21,55	22,57	23,62
8	O mediu [mm]	20,87	21,44	22,50	23,42
9	„S” — 20,70 [mm]	0,17	0,74	1,80	2,52
10	Δc [mm]	+ 0,06	- 0,08	+ 0,07	- 0,10
11	$\lambda f \cdot 10^3$ [μm]	+ 0,2	- 0,6	+ 0,8	- 1,4
12	$\lambda f/\rho$	+ 0,04	- 0,11	+ 0,15	- 0,26
13	$-u \cdot 10^6$ ($\lambda f/f$)	- 0,13	+ 0,38	- 0,50	+ 0,88

Care este semnificația datelor înscrise în buletinul de control? Pentru primele linii, nimic de spus în afară de faptul că ele sînt, după cum ați observat, copiate de pe ecranul Couder și reprezintă elementele caracteristice calculate ale oglinzii studiate.

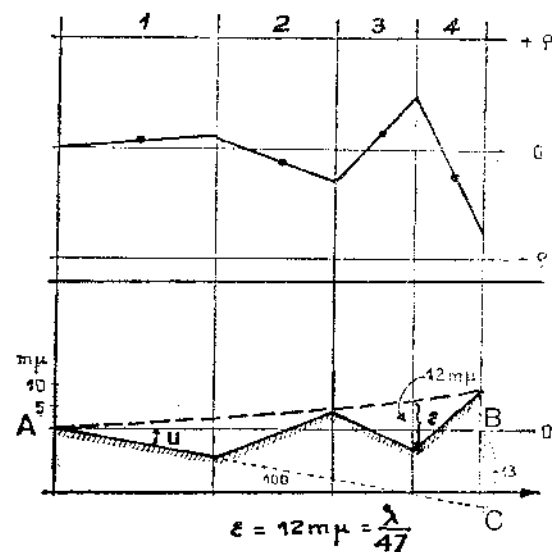
În liniile 6 și 7 sînt trecute valorile medii ale lecturilor de referință la egalizările fotometrice ale ferestrelor diferitelor zone, obținute la determinările făcute după două diametre perpendiculare între ele în timp ce în linia 8 sînt înscrise valorile medii ale celor din liniile 6 și 7.

Linia 9 este cea care pune o problemă: alegerea unei constante de așa manieră încît la calcularea aberațiilor lon-

gitudinale, Δc , din linia 10, acestea să fie cît mai reduse și, în valori absolute, să fie pe cît posibil, egale. Aceasta, ținînd cont de faptul că valorile Δc din linia 10 se obțin prin scăderea cifrelor liniei 4 din cele ale liniei 9.

Nici un fel de dificultate pentru calculul aberațiilor transversale, în micrometri, $\lambda f \cdot 10^3$. Acestea reprezintă aberațiile în planul focal ale razelor de lumină de la traiectoria ideală și se calculează prin înmulțirea valorilor Δc cu cele corespunzătoare fiecărei zone, înscrise în linia 5 ($h_m/4f$) și cu 10^3 . Iar în linia 12 sînt înscrise aceleași valori λf , divizate prin valoarea ρ ; ele semnifică astfel *aberațiile transversale reduse*, adică raportul dintre valorile în micrometri ale aberațiilor transversale și diametrul discului de difracție. Cu cît acest raport este mai mic (dar în orice caz, el trebuie să fie mai mic decît unitatea), cu atît oglinda este mai bună și satisface unul dintre criteriile fundamentale de calitate: „aberațiile transversale reduse să fie subunitare” (Danjon și Couder).

Ajungem la linia 13, unde sînt înscrise tangentele unghiurilor făcute de pantele unei reale cu pantele ideale și se calculează, cu semn opus, prin raportul dintre valorile înscrise în linia 11 și distanța focală f , amplificat cu 10^3 .



Nici un fel de dificultate pentru graficul aberațiilor transversale reduse și absolute (valorile din linia 12, respectiv din linia 11) și care ne arată că, efectiv, toată lumina reflectată de oglindă se strânge în discul de difracție: aceasta este de fapt semnificația valorii subunitare a aberației transversale reduse. Cît privește graficul inferior, aveți chiar pe grafic, modalitatea de construcție: $BC/AB = \operatorname{tg} u$. Într-un punct x al graficului avem diferența între panta undei reale și cea a undei teoretice corespunzătoare unui punct oarecare H . Teoretic, valoarea $H/H' = x_h$, adică această diferență, s-ar calcula prin expresia:

$$x_h = \int_0^h u_y d_y. \quad (3.6)$$

Nici un fel de temeri — nu ne apucăm de calcul integral! Nu aceasta ne interesează, ci unirea prin segmente de drepte, a punctelor definite prin valorile u . Linia frîntă astfel obținută reprezintă (extrem de grosier și amplificat de un milion de ori!) profilul undei emergente pe un meridian mediu al oglinzii noastre.

Uniți acum cu o curbă lină, trasată cu mîna liberă, punctele extreme ale acestui profil. Diferența maximă față de profilul undei ne dă aberația maximă a oglinzii noastre, în nanometri ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$); iar raportul dintre ea și lungimea de undă efectivă (560 nm) este aceeași aberație exprimată în fracțiuni ale lungimii de undă efectivă. Așa cum spuneam, dacă acest raport este de cel puțin $\lambda/8$, oglinda e bună: ea este cu atît mai bună, cu cît acest raport este mai mic: $\lambda/10$ este foarte bine, iar $\lambda/20$ este excelent! La noi, cum vedeți, raportul este $\lambda/47$. Dar dacă găsiți cumva la oglinda voastră $\lambda/87,5$ sau $\lambda/147$, mai bine refaceți măsurătorile cu atenție!...

Oricum, oglinda este gata și nu ne mai rămîne decît să o metalizăm — argintare sau, preferabil, aluminizare — și să o montăm la telescop, ca prima și cea mai importantă piesă optică a instrumentului. Și spun că este prima, deoarece mai avem nevoie de o oglindă plană, care va rabate razele reflectate de oglindă spre ocularul așezat lateral, la 90° față de axa optică a oglinzii parabolice.

Latura mică a a acestei oglinzi — deseori de formă dreptunghiulară, deși ar trebui eliptică — se calculează ca dimensiune prin formula (dimensiunile în mm):

$$a = \frac{(D-d) \times l}{f} + d, \quad (3.7)$$

unde D — diametrul oglinzii parabolice; d — diametrul imaginii Lunii în planul focal (pentru un cîmp normal); l — distanța de la axul optic al oglinzii principale (sau al tubului) la planul focal: această distanță trebuie să fie, în principiu, cam egală cu raza tubului plus $60-70 \text{ mm}$; f — distanța focală a oglinzii parabolice. De exemplu, în cazul nostru avem:

$D=200 \text{ mm}$; $d=15 \text{ mm}$ (rotunjit); $l=160 \text{ mm}$; $f=1585 \text{ mm}$ de unde:

$$a = \frac{(200-15) \times 160}{1585} + 15 = 33,7 \text{ mm}$$

iar latura mare va avea:

$$b = a\sqrt{2} = 33,7 \cdot 1,41 = 47,6 \text{ mm}.$$

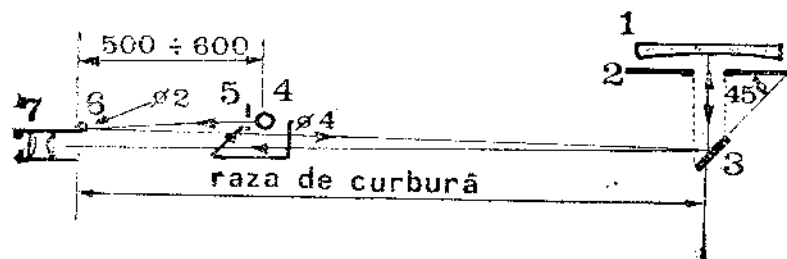
Ținînd cont de margini, de prindere în montură, dimensiunile oglinzii noastre plane vor fi $35 \times 50 \text{ mm}$.

Oglinda plană are o mare importanță: ea este aceea care face accesibilă imaginea furnizată de oglinda parabolică — deci și ea trebuie privită ca o piesă optică ce trebuie să se bucure de calitățile impuse opticii astronomice.

La dimensiunile indicate este foarte greu să găsim o prismă cu reflexie totală; cîteodată constructorii au preferat să utilizeze fața plană a cîte unei lentile plan-convexe sau plan-concave — dar aceasta nu este o soluție! De aceea, vrînd-nevrînd, trebuie să facem o corecție prin șlefuire, la cîteva bucăți de sticlă plană.

Luați cîteva bucăți de cristal de 6 mm grosime, la dimensiunile indicate pentru oglinda plană și lipiți-le cu smoală, la același nivel, pe o placă circulară. În prealabil, căutați să vedeți în ce măsură ele deformează imaginile, din cauza defectelor inerente. Pentru aceasta, faceți montajul oglinzii

parabolice ca pentru controlul Foucault, dar de data aceasta, oglinda va fi pusă pe suportul său altfel ca, în figura 3.10; ea va fi fost deja metalizată și va avea în față o diafragmă egală în diametru cu lungimea oglinzii secundare (valoarea b). Cît privește suportul lamei, așezați pe el o bilă de oțel de circa 10 mm diametru. Examinați imaginea bilei cu un ocular: dacă deformările nu sînt prea mari, înseamnă că o polisare de scurtă durată va fi suficientă; în caz contrar, căutați altă bucată de sticlă mai bună — nu se poate să nu găsiți, ca și alte 2—3 de calitate comparabilă. Acestea vor fi lipite între altele, pe placa plană de lemn de care vorbeam mai înainte; pentru așezarea lor la același nivel, faceți o presare la cald pe o placă de sticlă de 5—6 mm grosime, care să le acopere simultan pe toate cele lipite.



3.10 Controlul unei oglinzi plane;

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1 — oglindă parabolică realizată | 4 — sursă de lumină |
| 2 — diafragmă | 5 — perforație de 4 mm diametru |
| 3 — oglinda plană supusă controlului | 6 — bilă de oțel |
| | 7 — ocular |

Faptul că în acest caz nu avem matriță nu are nici o importanță. Putem utiliza pentru polisare cea de-a doua față a matriței utilizate la șlefuirea oglinzii parabolice, care este plană. Scoatem deci smoala de pe fața utilizată și, după clasică încălzire, turnăm pe fața plană o peliculă de smoală de 5—6 mm grosime; presarea la cald o vom face tot cu o placă de sticlă de 6 mm grosime și o greutate de 2—3 kg, după ce am intercalat o foaie de calc. De-abia după aceea putem începe lucrul — tăind în prealabil în smoală un șanț aproximativ diametral. Ungem smoala cu

oxid roșu de fier și apă și începem să polisăm cu curse de $1/3—1/4 D$ (diametrul discului-suport), în zigzag pe suprafața polisurului, fără să depășim marginea acestuia. Evident, facem rotația discului purtător de „viitoare” oglinzi plane, ca și rotația în jurul postului de lucru.

Durata de lucru depinde oarecum de amplitudinea defectelor: în general, această polisare durează cel mult 3—4 ore dar, lucrînd în două sau trei etape, e bine să totalizăm în jur de 5 ore de lucru, fără presare la rece. Mai mult ca sigur că controlul ulterior vă va arăta că defectele au dispărut și că acum dispunem de cel puțin două oglinzi plane corespunzătoare calitativ.

Controlul final poate fi completat printr-un control interferometric efectuat între oglinzile realizate: îl veți găsi descris pe larg în lucrarea [15] din bibliografie, așa că nu mă voi opri asupra lui. Dar faptul că vom găsi cel puțin două oglinzi plane de calitate necesară e foarte bun: dacă nu putem decît arginti oglinzile, trebuie să avem în vedere că, de regulă, argintul oglinzii plane se alterează mai repede astfel că vom avea oricînd posibilitatea înlocuirii rapide a celei degradate cu una nouă, curată.

Cu realizarea opticii am terminat etapa cea mai dificilă de lucru; partea mecanică nu pune probleme de sutimi de micrometri. Ce va trebui să avem în vedere este faptul că o optică bună montată pe o parte mecanică labilă, nu va da niciodată rezultatele scontate. De aceea, și în realizarea montajului va trebui să fim la fel de atenți, în special față de robustețea monturii și de eliminare a surselor de vibrații. Fără a o face excesiv de grea, am să vă spun că un telescop de 200 mm diametru nu se poate dispensa de o montură de cel puțin 40—50 kg greutate — partea cea mai importantă revenind suportului instrumentului.

Veți găsi în multe lucrări formule de monturi azimutale, mai mult sau mai puțin simple așa că nu mă voi opri asupra lor — mai ales că cei 200 mm diametru ai telescopului nostru cer o montură ecuatorială. De aceea, asupra unei astfel de monturi mă voi opri — avînd în plus un mecanism de urmărire, pe care vă recomand să îl dotați cu un motor electric, ca să puteți beneficia de toată capacitatea observațională a telescopului, vizual și mai ales, fotografic.

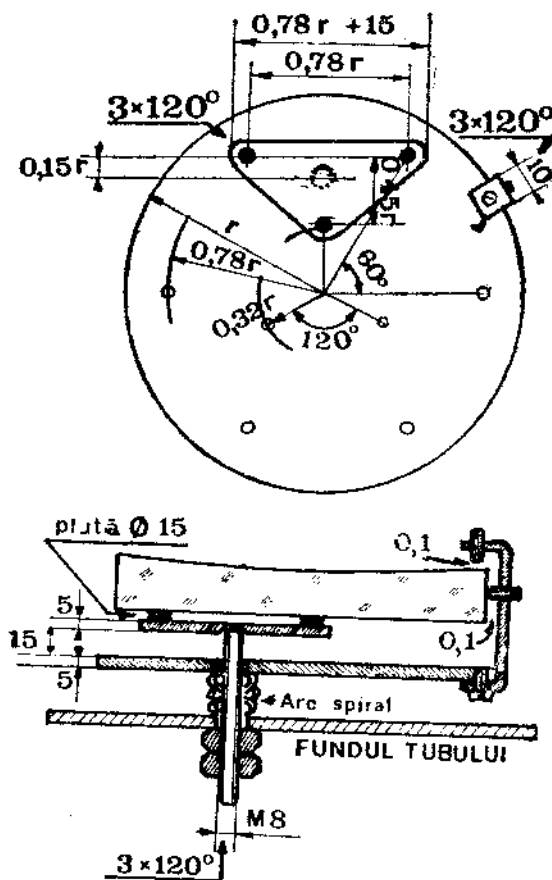
care mergeau curent...

Cunoașteți principiul de bază al monturilor ecuatoriale : axa principală este îndreptată spre polul ceresc, astfel că, în orice poziție s-ar afla instrumentul, este suficientă mișcarea în jurul acestei axe, ca el să urmărească aștrii în deplasarea lor aparentă de la est spre vest. Pentru mișcare se utilizează, de regulă, motoare electrice sincrone, care, prin intermediul unor reductoare pe bază de roți dințate, ajung să rotească o coroană melcată, în ritmul de un tur în 24 de ore. Să trecem însă la construcția propriu-zisă: mai întâi, tubul.

Având o oglindă de 200 mm diametru, putem face un tub cilindric din tablă subțire (0,5 - 0,75 mm) cu inele de întărire la capete și la o treime din lungime, față de un capăt ; diametrul interior nu trebuie să fie mai mic de 250 mm, ca să asigurăm oarecum eliminarea turbulenței instrumentale. Cât privește lungimea, cu mică aproximație ea va fi egală cu distanța focală a oglinzii parabolice. Dar tot așa de bine putem să facem și un tub de lemn, cu secțiune pătrată sau hexagonală, păstrind pentru dimensiunea interioară cei 250 mm, iar pentru lungime, distanța focală. În acest caz, tubul vă fi confecționat din PFI sau placaj subțire și baghete de întărire, pentru a evita orice fel de flexiuni. La capete, respectiv la 1/3 din lungime față de un capăt, vom prevedea întărirea cu plăci de lemn groase de 10—12 mm și bine încheiate.

Montarea oglinzilor trebuie făcută pe barilete corespunzătoare. Pentru oglinda parabolică să convenim montarea pe 9 puncte de sprijin. În figura 3.11 vă dau schema de realizare a unui astfel de barilet ; în orice caz, șuruburile de asigurare laterală și longitudinală vor lăsa oglinzii un joc de 0,1—0,2 mm, pentru a nu deforma suprafața optică în caz de dilatare a discului.

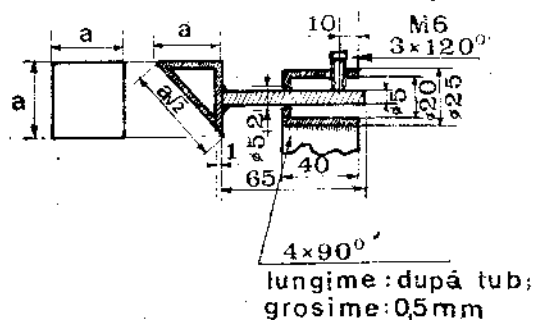
În caz extrem puteți recurge și la o soluție mai simplă. Anume, faceți dintr-o placă de duraluminu gros de 4—5 mm (sau fier de 3 mm), o placă circulară, cu găuri de 25 mm diametru (pentru ventilație) și trei urechi de asigurare laterală ca și la bariletul precedent descris ; pe această placă veți putea așeza oglinda, având grijă să puneți mai întâi un disc de fetru sau alt material dens și gros de circa 2 mm, având și el găurile de ventilație. Destul de bun, baril-



3.11 Schema bariletului pe 9 puncte pentru oglinda parabolică.

letul astfel realizat nu asigură totuși, definirea mecanică a suprafeței așa cum ar trebui...

Cu aceeași atenție trebuie montată și oglinda plană. Bariletul ei este reprezentat în figura 3.12. Acesta, la rândul său, va fi montat *exact* în axul longitudinal al tubului, prin intermediul sistemului reprezentat în aceeași figură. Să

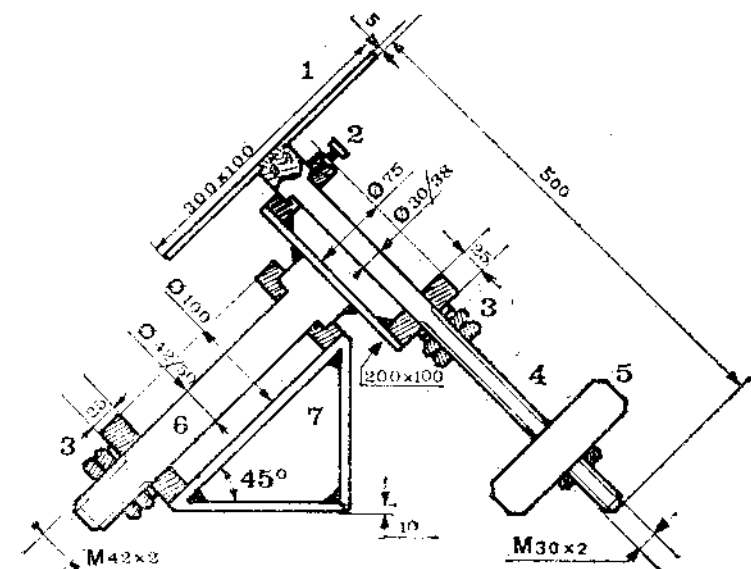


8.12. Schema bariletului pentru oglinda plană.

fiți foarte atenți la montarea lamelor de tablă care susțin bariletul și care trebuie să fie riguros paralele două câte două, pentru a nu da naștere la mai mult de patru „ace de difracție” —, acea cruce luminoasă care se vede la stelele strălucitoare, fotografiate cu expuneri mai lungi.

Considerente de fiabilitate și de facilitare a execuției mă fac să nu vă recomand o montură în furcă — ce ar necesita operații de turnătorie —, ci una de tip german (Fraunhofer). Deși are nevoie de ceva mai mult uzinaj, ea este mai ușor de executat în proporții corespunzătoare. În acest sens, figura 3.13 cuprinde schema unei astfel de monturi, cu cotele principale. Acestea nu sînt absolute: le puteți modifica după posibilități, dar nu reduceți diametrele axelor. Mai bine le faceți din țevă, dacă nu le puteți face pline, cu diametru superior, asigurîndu-vă astfel rigiditatea necesară. Cît privește mecanismul de orologerie, în figura 3.14 aveți schema celei mai simple soluții — dar de foarte mare precizie, deși prima impresie poate fi contrarie. Veți remarca faptul că nu am dat dimensiuni, pentru a o putea adapta monturii executate. Ca idee, vă spun însă că roata orară nu trebuie să fie în nici un caz mai mică de 280—300 mm în diametru, iar lungimea șurubului e bine să fie de același ordin de mărime.

În legătură cu mecanismul de orologerie, vă propun utilizarea, fie a unor motorașe nu prea puternice — puteri de cîțiva wați sînt suficiente (telescopul meu de 150 mm



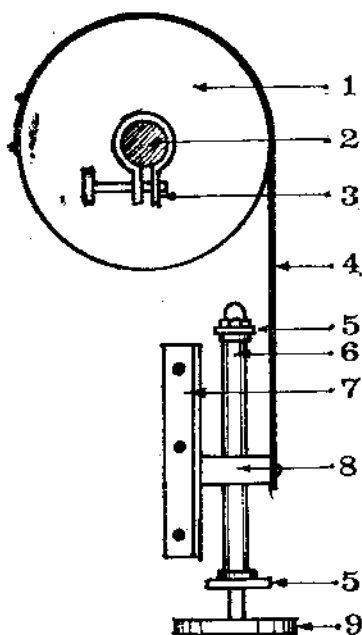
3.13. Schema unei montări ecuatoriale. 1 — placa de prindere a telescopului; 2 — blocare în declinație; 3 — lagăr pentru axul orar; 4 — axul de declinație; 5 — contragreutate; 6 — ax orar; 7 — suport general.

diametru are un motor sincron de numai 4,5 W), fie, în ultimă instanță, a unui motor de parbriz auto, asigurîndu-i alimentarea la tensiunea corespunzătoare. În orice caz, motorul va trebui să aibă un mers constant, ca viteză, iar trenul reductor de turație să asigure turația finală necesară, de o rotire/24 ore, cu erori de cel mult 0,1—0,2%.

Pentru piesa finală, la instrumentele astronomice de uzină se utilizează coroane melcate — de regulă cu 360 de dinți. E cam greu să realizați așa ceva sau să găsiți o piesă corespunzătoare. De aceea, vă propun o altă soluție, utilizată cu deplin succes de mulți constructori amatori: sectorul de cerc.

Mai întîi, cum se calculează raportul de demultiplicare?

Să presupunem că avem șurubul de antrenare cu pas de 1,5 mm și că el face un tur pe minut, ceea ce trebuie să reprezinte 0°,25 pe minut în mișcarea circulară. Astfel, lungimea cercului complet va fi: $360^\circ \times 1,5 \times 4 = 2\,160$ mm și de aici, raza



3.14 Schema unui mecanism de orologerie cu bandă metalică;

- 1 — roată orară
- 2 — ax orar
- 3 — colier de strângere a țepii orare pe axul orar
- 4 — bandă de oțel, fixată pe roata orară și pe piuliță
- 5 — inele de rotire a șurubului
- 6 — șurub fix
- 7 — cornier de blocare a piuliței 8 contra rotației sale
- 8 — piuliță
- 9 — tambur de acționare manuală sau prin motor sincron

cercului respectiv : $2160 : 2\pi = 343,77$ mm. Cît privește lungimea șurubului, m-am oprit la o durată utilă de circa 6 ore, adică o lungime de 450 mm, dintre care 35 mm sînt luați de piuliță.

Dacă obțineți un motor sincron, veți putea renunța la un dispozitiv anexă pentru mișcare lentă în unghi orar, prin introducerea în circuitul de alimentare a motorului a unui generator de frecvență adecvat. Lucrînd pe o plajă de 25—100 Hz, el va putea reduce la jumătate viteza de antrenare sau o va putea dubla — deci aveți asigurate deplasări înainte și înapoi în unghi orar. Dar generatorul vă mai dă o posibilitate — aceea de a regla viteza motorului — deci mișcarea telescopului — cu toată precizia necesară unei urmăriri foarte corecte a astrilor. Scheme simple de generatoare de frecvență găsiți prin revista „Tehnum” sau în alte publicații care se ocupă de construcții electronice.

De regulă, orice instrument mai mare de 75—80 mm diametru este dotat cu o mică lunetă, care nu mărește decît de

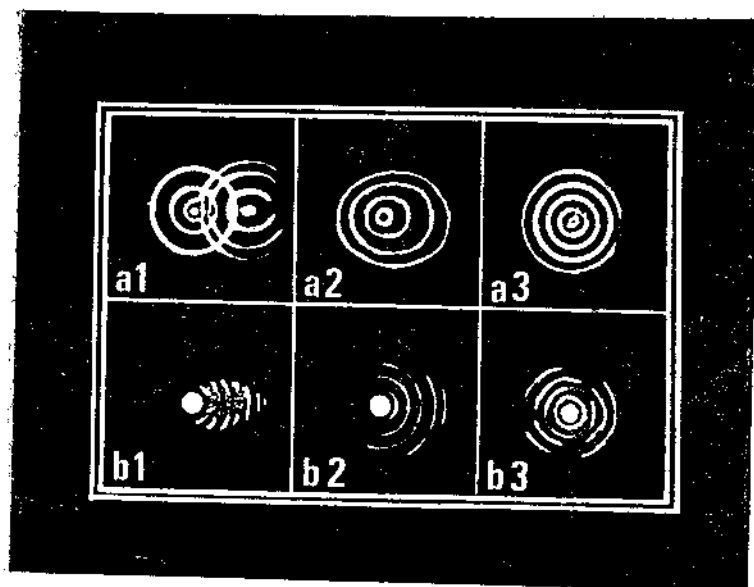
6—8 ori, instalată riguros paralel cu instrumentul principal. Ocularul acestei mici lunete este prevăzut cu un mic reticul de sîrmă groasă de 0,5—0,75 mm, spre a putea fi văzut noaptea pe fondul cerului : această lunetă este căutătorul instrumentului. Prin cîmpul său, mult mai mare, el folosește la vizarea astrului căutat ; acesta este adus apoi pe încrucișarea de fire a ocularului. Ca urmare a paralelismului asigurat prin reglaje corespunzătoare, astrul, astfel situat în cîmpul căutătorului, se va găsi și în centrul cîmpului instrumentului principal. E bine să vă faceți un astfel de căutător fără pretenții de extremă calitate : el vă va fi de mare ajutor.

În orice caz, cu sau fără căutător, sînteți acum pe punctul de a face reglajul opticii telescopului. E bine să verificați montajul corect al oglinzilor, după care veți fixa cu grijă bariletele în tub ; apoi vă uitați la nori sau la antene TV (dar care trebuie să fie la minimum 400—500 m depărtare !), să vedeți cum se văd, ce rezultate obțineți...

Montați deci un ocular, dar nu pentru observații terestre. S-ar putea să fiți oarecum dezamăgiți din cauza neclarității și deformării imaginilor. Trebuie mai întîi să faceți centrarea riguroasă a opticii, utilizînd un ocular puternic. Bineînțeles, veți trece la această etapă numai după centrarea aproximativă a instrumentului, făcută ziua și fără ocular. După cum cu siguranță că știți, aceasta înseamnă că ați reglat piesele optice de așa manieră încît, privind prin tubul port-ocular (fără ocular !), să vedeți în centrul oglinzii principale, imaginea oglinzii secundare --, iar în centrul acesteia să vă vedeți propriul ochi. Abia acum se trece la centrare și apoi la observații.

Pentru aceasta, utilizînd un ocular cît mai puternic, luați în cîmp o stea nu prea strălucitoare — Polara sau o altă stea de magnitudinea 2—2,5 — și examinați, mai întîi, imaginea ei extrafocală, adică cu ocularul tras în afară mai mult decît ar trebui.

De regulă, veți observa aspectul din figura 3.15, a_1 , ceea ce înseamnă un defect „redus” de centrare (dereglaaj total). Continuați acum manevrarea șuruburilor de reglaaj ale oglinzii principale (e bine să lucrați în doi — unul manevrează șuruburile, iar cel de-al doilea observă efectele), acționînd de așa manieră încît imaginea să tindă spre aspectul



3.15 Imagini la reglarea opticii telescopului; a1, a2, a3: imagini extra-focale b1, b2, b3: imagini focalizate

din figura 3.15, a₃. Acum puteți focaliza imaginea: dacă turbulența nu este prea mare, veți vedea discul de difracție al stelei, înconjurat de arcuri sau chiar inele de difracție (figura 3.15, b₃). Blocați șuruburile de reglaj în această poziție și... puteți trece la reglarea căutătorului și efectuarea de observații. Aceasta, deși mai aveți o operație de făcut: instrumentul fiind ecuatorial, va trebui să-i faceți „punerea în stație”. Semnificația expresiei este aceea că întreg instrumentul trebuie corect așezat — mai precis, axa sa de rotație orară trebuie plasată cât mai precis posibil în meridian și paralel cu axa de rotație a Pământului. Iată aici o metodă destul de precisă pentru această lucrare.

Luați un ocular de putere medie — 80 până la 150 de ori — înzestrat cu un reticul și vizati cu telescopul o stea din apropierea meridianului. Lăsați telescopul nemișcat și rotiți ocularul de așa manieră încât steaua, în deplasarea ei prin câmp să se miște exact de-a lungul unuia dintre fire. În acest

mod, cel de-al doilea fir va avea extremitatea superioară dirijată spre sud (știți că imaginile sînt inversate!), iar cea inferioară, spre nord.

Aduceți din nou steaua în centrul câmpului — deci pe crucea de fire — și, cu orologeria în mișcare, urmăriți ce se întîmplă. Dacă steaua coboară treptat în câmp, deplasați puțin capătul superior al axei orare spre est; iar dacă steaua urcă spre sud în câmp, deplasați același capăt spre vest. Repetați operația cît este necesar, mereu în preajma meridianului —, pînă ce steaua rămîne pe crucea de fire.

Vizați acum, în același mod, o stea situată la circa 90° de meridian, spre est sau spre vest și repetați operația anterioară — adică puneți steaua pe încrucișarea firelor și, cu orologeria în mișcare, urmăriți steaua.

Dacă aceasta se duce încet spre nord, adică coboară sub încrucișare, coboriți puțin extremitatea superioară a axei orare, prin acționarea șurubului corespunzător de pe montură. Iar dacă ea urcă față de încrucișare, ridicați capătul superior al axei, prin acționarea aceluiași șurub.

Va fi, probabil, necesar să reveniți și la prima etapă — cea de observare a unei stele în meridian. Dar după ce ați obținut o stabilitate corespunzătoare a imaginii unei stele în câmp, veți avea un instrument bine reglat, pe care veți putea utiliza efectiv cercurile gradate pe care le-am indicat la montură. Reglajul acestora nu este deloc dificil. Anume, cercul de declinație se reglează după ce ați făcut punerea în stație a ecuatorialului vostru — ca și în cazul cercului orar. Prindeți în centrul câmpului o stea de declinație cunoscută, situată la o înălțime de minimum 60°—65° deasupra orizontului. Acum orientați cercul de declinație de așa manieră încît reperul său să vă indice declinația cunoscută a stelei. Cît privește cercul orar, reglajul acestuia se face prin observarea unui astru exact la trecerea sa la meridian, cînd unghiul său orar este nul: veți regla deci cercul orar de așa manieră încît, la observația în meridian, el să vă indice 0° sau 0^h00^m.

Cu aceste operații am încheiat realizarea instrumentului nostru de bază. Vopsit după dorință (dar tubul este preferabil să fie alb sau argintiu!), protejat în afara observațiilor —

puteți să faceți și cupolă ! —, acum avem și *ce* arăta, și *cu ce* arăta celor care ne vizitează. În orice caz, noi vom trece acum la câteva aparate anexă, destinate fie unor observații speciale (fotografie solară), fie prelucrării documentelor observaționale obținute. Dar, totuși, puteți face și o pauză, pentru observații, după care veți putea continua cu acțiunea de autodotare a observatorului vostru.

Capitolul IV

ASTROGRAFE ȘI HĂRȚI STELARE

Sînt convins că deseori ați văzut și admirat fotografii de cîmpuri stelare și nebuloase, pe care numărul de stele este de-a dreptul impresionant : aproape că nu le mai poți distinge unele de altele — atît sînt de dese.

Asemenea fotografii sînt realizate cu astrografe, uneori de dimensiuni nu prea mari, dar de luminozități adecvate. Plasate în condiții bune de transparență atmosferică și de luminozitate artificială, cît mai redusă, în numai câteva minute de expunere, ele furnizează imaginile a sute și mii de stele, avînd magnitudini cu mult sub limita vizibilității cu ochiul liber. De exemplu, așa cum v-am arătat, la un diametru de numai 10 cm și un raport $F/D = 4$, printr-o expunere de numai o oră se pot obține pe clișee imagini ale unor stele de magnitudinea $15^m,0 - 15^m,7$; iar la 15 cm diametru și raport $F/D = 5$ se poate depăși chiar magnitudinea $16^m,5$.

Să procurați astfel de obiective este dificil, dar ca să *realizați* așa ceva, nu, este chiar greu — atît pe cît v-ați putea imagina. Vă propun aici o soluție relativ comodă și... posibil de realizat, fără prea multe complicații.

Știți foarte bine că imaginile unor obiecte situate la infinit, care sînt date de oglinzile concave sferice, sînt afectate de o serie de aberații — aberația de sfericitate, coma ș.a. Dar dacă o asemenea oglindă este pusă să lucreze în anumite condiții și dacă, în plus, punem condiția ca deformările imaginilor teoretic punctiforme să nu depășească, într-o zonă focală dată, o valoare bine definită, atunci putem ajunge la un compromis satisfăcător.

Problema a fost rezolvată, de fond, prin anul 1930 de B. Schmidt, care a pus în fața unei oglinzi sferice un menisc de un anumit profil : așa s-a născut telescopul Schmidt, care se bucură de o mare luminozitate ($F/D \leq 3$) și de un cîmp de imagini perfecte considerabil — depășind chiar

5° în diametru. Numai că șlefuirea unui astfel de menisc pune probleme delicate chiar constructorului amator cu mare experiență — sticlă optică de o anumită calitate, procedee dificile de polisare și control etc. Există însă și posibilitatea ca, prin șlefuirea unei simple oglinzi sferice, să realizăm un astrograf de mare luminozitate, respectiv de eficiență fotografică considerabilă, pe câmpuri destul de largi: este vorba de telescopul cu diafragmă în centrul de curbură.

Calculul arată că suma aberațiilor unei oglinzi sferice nu deformează imaginile punctiforme ale stelelor peste 0,05 mm, pentru anumite dimensiuni, relativ ușor calculabile (nu mă opresc asupra formulelor — veți avea alte formule de studiat, mai târziu!). Dar această limită corespunde oarecum granulației filmelor rapide și ultrarapide existente astăzi (cele de sensibilitate de 27 DIN = 400 ASA și mai sensibile). Pe scurt, iată ce putem realiza în condiții normale — la alegere, după posibilități. Evident, un astfel de instrument va putea fi utilizat numai pentru fotografie — nu și pentru observații vizuale.

Singurele coloane ale tabelului 4.1 care necesită explicații sînt cele referitoare la câmpul utilizabil și diametrul diafragmei. Astfel, diametrul câmpului *util*, adică unde imaginile stelelor nu depășesc, ca aberații, granulația filmelor sensibile (0,04—0,05 mm) măsoară 30 sau 40 mm care, pe cer, corespund la 6°,

Tabelul 4.1

Telescoape fotografice de mare luminozitate

Diametrul oglinzii [mm]	Raza de curbură [mm]	F/D	Diametrul câmpului utilizabil		Diametrul diafragmei [mm]	Lunetă-ghid distanță focală, grosismant
			[mm]	[grade]		
140	560	3,5	30	6°	80	800/30 ×
200	1080	4,5	40	4°15'	120	1000/50 ×

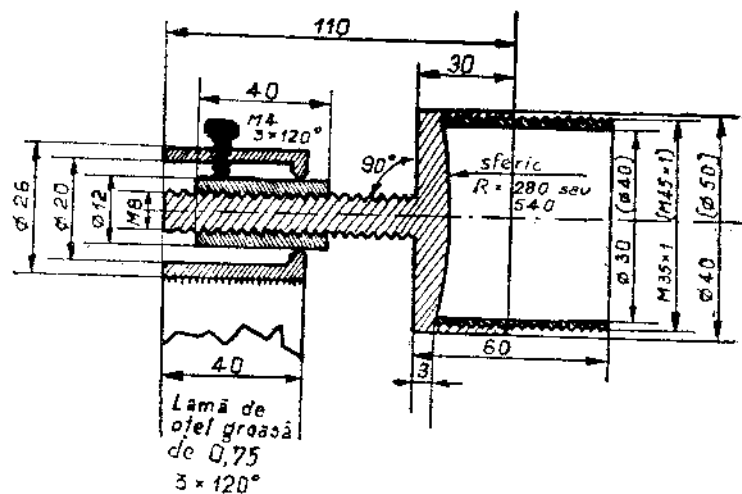
respectiv 4°15'. Aceasta înseamnă că, în planul focal, vom așeza *bucăți de peliculă*, tăiate circular, cu aceste diametre. Comparativ, trebuie să subliniez faptul că toate câmpurile utilizabile depășesc cu mult pe cele ale telescoapelor obișnuite, care nu sînt mai mari de 1°—1°,5. Cît privește coloana care dă diametrele diaframelor, este vorba de o diafragmă care se așază în planul *centrului de curbură al oglinzii principale*. Altfel spus, pentru a obține imagini corespunzătoare, în acest plan trebuie așezată, riguros perpendicular pe axul optic, o diafragmă circulară cu diametrul indicat.

Ce avem de făcut este, față de cele spuse înainte, destul de simplu. Anume, vom șlefui o oglindă sferică — deci fără parabolizare (dar cu sfericitate controlată!), de 140—150 mm diametru sau, pentru cei mai pretențioși, de 200—210 mm și avînd raza de curbură corespunzătoare celei indicate în tabelul 4.1, cu aproximație de ±10 mm.

Oglinda, argintată sau aluminizată, va fi montată prin intermediul unui barilet corespunzător, într-un tub cu lungime suficient de mare pentru a putea monta exact în centrul de curbură (cu o eroare nu mai mare de ±2 mm) diafragma limitatoare; deci lungimea tubului va fi cam egală cu dublul distanței focale a oglinzii, plus 50—60 mm. Cît privește diametrul tubului acesta e bine să fie mai mare decît cel al oglinzii cu un minim de 50 mm. Inutil să vă mai spun că tubul va trebui să fie perfect etanș față de lumină, adică a unei camere fotografice și că va fi prevăzut cu un capac corespunzător, pentru a feri pelicula montată pentru fotografiere, de acțiunea luminii parazite.

Ajungem la bariletul pentru film — nu avem aici oglindă plană, bucata de film fiind așezată exact în planul focal al oglinzii, fără rabaterea laterală a acestuia. Suportul filmului va avea diametrul egal cu cel al câmpului util, plus 3—4 mm, iar suprafața lui va fi *convexă*, cu raza de curbură egală cu distanța focală a oglinzii: orice strungar vă va putea face un astfel de suport, cu suprafața lipsită de rizuri, adică de mare acuratețe.

Potrivit desenului din figura 4.1, suportul va fi montat pe un ax filetat, cu pasul de 1 mm, pentru reglajul fin. Aceasta, pentru simplul motiv că, cu toată așezarea inițială a suportului în planul focal, reglajul riguros va fi destul



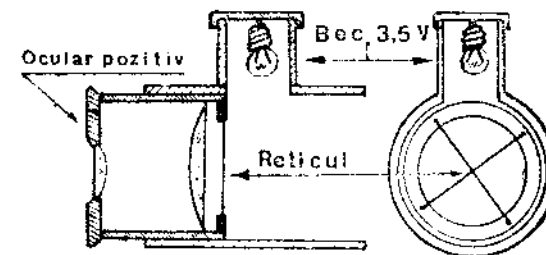
4.1 Schema suportului pentru peliculă la telescopul fotografic.

de laborios și se va face prin fotografii succesive. În același timp, suportul va fi de fapt un fel de pahar, cu un înălțat, pentru o bună fixare a bucății de peliculă fotografică.

Pentru fotografiere sînt necesare o serie de manevre mai puțin obișnuite. În primul rînd, pelicula fotografică trebuie pregătită — deci din film de tip 120 (așa-numitul film 6×9 cm), va trebui să tăiați în întinerie perfect, bucăți circulare cu diametrul riguros egal cu cel al bariletului pentru film (35 sau 45 mm, după caz).

Transportați filmul la telescop, într-o cutie etanșă și acolo, asigurînd și în telescop obscuritatea necesară (de aceea, pe tub, prevedeți o „mîneacă protectoare”), fixați pelicula pe suport — cu grijă, spre a nu o deforma neconvenabil sau să o montați cu emulsia altfel decît spre oglindă. Iar capacul telescopului îl veți deschide de-abia după asigurarea tuturor elementelor — prinderea stelei-ghid pe crucea de fire a lunetei de ghidaj, pornirea telescopului cu ajutorul mecanismului de orologerie etc.

Urmărirea corectă a zonei fotografiate în timpul expunerii cere o lunetă-ghid, deja specificată. Ea trebuie să vă asigure doar posibilitatea urmăririi corecte a unei stele-ghid — deci veți putea face o astfel de lunetă chiar dintr-o lentilă de ochelari și un ocular pozitiv, prevăzut cu fire, fără pretenții de perfecțiune de imagini — nu aceasta contează. De asemenea, asigurați paralelismul lunetei-ghid cu telescopul fotografic, ca să aveți certitudinea că fotografiați zona aleasă. Și ca ghidajul să fie mai facil, în figura 4.2 este prezentată modalitatea de realizare a unui ocular cu reticul luminat — deci incomparabil mai ușor de văzut pe fondul întunecat al cerului nocturn.



4.2 Schema ocularului cu reticul luminat.

Ajungem acum la reglajul fotografic al astrografului.

Oricît v-ați căzni, nu veți putea plasa suportul peliculei exact în planul focal al oglinzii: erorile, în cazul cel mai fericit, vor fi de 1—2 mm, în timp ce precizia necesară este cam de... 100 de ori mai mare! De aceea, prin construcție, plasați suportul — fața pe care se va așeza filmul — cît mai exact în planul focal. După aceea, prin defiletare, deplasați-l cu 3—4 mm spre oglindă și începeți o serie de fotografii destinate reglării, astfel.

Pe o bucată de peliculă, montată cum spuneam mai înainte, faceți cîte o expunere de un minut, cu astrograful fix (fără antrenare), asupra unei stele de magnitudinea $2^m - 2^{m,5}$, situată în zona ecuatorială a cerului și în preajma meridianului. Aceste expuneri le veți face pe aceeași peliculă, deplasînd foarte puțin și cu precauțiile de rigoare astrograful în declinație — în sus sau în jos, dar numai într-un

singur sens. În același timp, pentru fiecare astfel de expunere, depărtați suportul filmului față de oglindă cu cîte $1/2$ tură, deci cu cîte 0,5 mm. Faceți în acest mod cam 14—16 expuneri și apoi developați filmul; notați foarte exact, care a fost poziția suportului, pentru a putea reveni la cea necesară.

Dacă totul a fost bine reglat, veți obține pe clișeu o serie de urme — de dire negre lăsate de steaua aleasă (ca și de altele, mai palide). Examinînd clișeul cu o lupă puternică, veți remarca că grosimea dîrelor se micșorează de la o expunere la alta, atîngînd un minim, după care începe să crească din nou; să presupunem că ați găsit că grosimea minimă este aceea a dîrei nr. 7.

Reveniți la telescop și puneți suportul la poziția corespunzătoare dîrei a 6-a (nu a 7-a!) și repetați clișeul cu aceeași modalitate, dar rotînd suportul cu numai cîte $1/4$ tură — deci deplasări de numai 0,25 mm — pe spațiul unui milimetru (de la poziția dîrei a 6-a din clișeul precedent, la cea a dîrei a 8-a). Și pe noul clișeu veți găsi o urmă de grosime minimă și de maximă claritate. Nu vă mai rămîne acum decît să aduceți suportul la poziția corespunzătoare dîrei celei mai fine și să-l blocați cu atenție în această poziție. De acum puteți trece la fotografiere curentă, verificînd însă periodic — măcar de la vară la iarnă și invers, corectitudinea poziției suportului, prin clișee de tipul celor descrise.

Un element fundamental îl constituie montura astrografului. Este de la sine înțeles că întregul astrograf trebuie să beneficieze de o montură ecuatorială cu toate elementele sale specifice. Ea va putea fi, păstrînd proporțiile, realizată ca și cea a telescopului deja descris; în orice caz, mecanismul de orologerie este strict necesar. Gîndiți-vă că numai într-o secundă de expunere, pe o peliculă sensibilă, se obțin imagini ale stelelor de magnitudinea 4^m și chiar 5^m — deci, chiar din momentul deschiderii astrografului, urmărirea mișcării aparente a cerului trebuie să fie făcută. Dar, în legătură cu deschiderea astrografului, ca să vă ușurez întrucîtva operația după punerea în funcțiune a mecanismului de urmărire și pentru închiderea aparatului înainte de oprirea mecanismului, vă propun următoarea soluție.

Faceți în fața diafragmei o tăietură în tub, în care să pătrundă o placă circulară care va putea fi rotită printr-o tijă, comandată de la ocularul lunetei-ghid. Deci veți scoate capacul propriu-zis al astrografului, înainte de fotografie; după aceea, prindeți steaua-ghid în cîmpul lunetei — pe încrucișarea de fire și începeți ghidajul; și de-abia acum manevrați tija celui de-al doilea capac protector pentru a deschide accesul luminii la peliculă. Iar la sfîrșitul expunerii, mai întîi închideți capacul acționat de tijă și apoi opriți mecanismul de urmărire — în final, punînd capacul de protecție obișnuit.

Ce anume să fotografiați? Pentru început, luați ca obiective cîteva roiuri stelare — *Pleiadele*, *roiul M.44* din constelația *Racol* și chiar marea nebuloasă din constelația *Orion* (M.42). De asemenea, vara puteți fotografia zonele mai bogate din constelațiile *Vulturul* și *Săgetătorul*. Și după un serios antrenament de acest gen, treceți la o cartografie cerească sistematică: despre aceasta vom vorbi însă puțin mai tîrziu. Pînă atunci să vă spun că, la nevoie, puteți face un astrograf dintr-o piesă gata confecționată și care se poate procura din comerț: este vorba de condensatorii pentru aparatele de mărit fotografii.

Imaginile furnizate de o asemenea piesă utilizată în loc de obiectiv fotografic, oricum, sînt departe de calitatea celor furnizate de sistemul descris mai înainte. Singura latură pozitivă a unei astfel de improvizații o reprezintă cîmpul acoperit pe un clișeu și care, ținînd cont de raportul F/D extrem de mic, face ca aceste „obiective” să poată fi utilizate cu succes în special la fotografierea luminii zodiacale și a norilor de stele din *Calea Lactee*.

De regulă, în comerț se găsesc condensatoare formate din cîte două lentile plan-convexe. Diametrul unora mai mari depășește 120 mm, iar distanța focală este aproximativ egală cu diametrul — deci raportul F/D este apropiat de unitate. Vă sfătuiesc însă ca un astfel de condensator să-l diafragmați la 60—80 mm, ajungînd la o luminosităate cuprinsă între 1,3 și 2,0, ceea ce asigură totuși o mare eficiență fotografică.

Care este scara imaginii? Gîndiți-vă că, la o focală de 120 mm, 1° reprezintă în planul focal cam 2 mm. Aceasta înseamnă că pe un clișeu cu diametrul de numai 30 mm,

cîmpul este de 15° ; iar dacă veți trece cu vederea aberațiile enorme ale imaginilor spre marginea clișeului și admiteți pentru acesta un diametru de 60 mm, cîmpul va fi de ordinul a 28° . Cît privește duratele de expunere, acestea sînt foarte scurte — de așa manieră încît, în condiții de transparentă medie a atmosferei, nu vă sfătuiesc să depășiți 3—4 minute de expunere, dacă nu vreți să obțineți splendide clișee... voalate! Și aceasta, cu atît mai mult în condiții de oras, ca urmare a unei considerabile iluminări a cerului nocturn.

Montajul unui asemenea — să zicem — astrograf improvizat este relativ simplu. Faceți o cutie perfect etanșă, în care să puteți monta bobina de film 6×6 cm și care să poarte în partea opusă filmului, condensatorul-obiectiv. Acesta va trebui să aibă posibilitatea unei glisări fine, fără jocuri, într-o țevă de diametru corespunzător, pentru a putea face reglajul imaginii ca focalizare. Un parasolar lung de cca $2D$ (D — diametrul obiectivului), va asigura protecția față de lumini parazite. De asemenea, în afară de faptul că vă sfătuiesc ca glisarea obiectivului să se facă pe niște postav (care să fie fixat pe peretele interior al țevii port-obiectiv), prevedeți și un șurub de blocare în scopul asigurării stabilității obiectivului față de planul peliculei.

O soluție comodă pentru cutie o reprezintă utilizarea unui aparat fotografic vechi și scos din uz, care a lucrat pe peliculă 6×6 cm, sau chiar un aparat gen „Etiud” care se găsește în mod curent în comerț. Decupați-i partea cu obiectivul și faceți aici adaptarea condensatorului-obiectiv. În fine, inutil să mai insist că aparatul va trebui fixat pe o montură ecuatorială — eventual, chiar în paralel cu telescopul, pentru a asigura mișcarea în timpul expunerilor.

Simplitatea lentilelor astrografului astfel realizat determină și o puternică aberație cromatică. Aceasta poate fi eliminată, în mare măsură, prin utilizarea unui filtru galben de diametru corespunzător, așezat la o mică distanță în fața peliculei fotografice. Cu bune rezultate am utilizat și un filtru roșu deschis — dar filtrul galben dă cele mai bune rezultate...

Și pentru că tot vorbim de fotografie stelară, iată cum se procedează la fotografierea spectrelor unor stele mai strălucitoare. Evident, astfel de imagini cîștigă extrem de mult dacă sînt executate pe peliculă color.

În fața obiectivului unui aparat fotografic normal, să plasăm o prismă care să acopere complet obiectivul. În caz extrem se poate utiliza și o prismă cu reflexie totală, folosind unul dintre unghiurile diedre de 45° ca unghi dispersiv. Spre deosebire de celelalte fotografii astronomice, aici nu avem nevoie de mecanism de orologerie, mai ales dacă focala obiectivului aparatului este de 50—100 mm. Acest lucru se datorează faptului că spectrul unei stele este extrem de subțire: și atunci vom aranja aparatul de așa manieră încît spectrul să se formeze pe o linie paralelă cu meridianele cerești; în planul meridian al locului, această direcție este perpendiculară pe orizont. Ce va trebui să mai facem este reglarea aproximativă a poziției prisme față de obiectiv și asigurarea unui vizor cît de cît aproximativ, care să ne dea direcția vizată în acest fel. Practic, ca să nu vă complicați cu calcule inutile, așezați planul median al prisme sub un unghi de cca 10° — 12° față de planul perpendicular pe axa optică a obiectivului, iar vizorul vostru să fie deviat față de aceeași axă cu circa 22° ; o eroare de 2° — 4° nu are prea mare importanță.

Vizați zona unei stele mai strălucitoare — Sirius din constelația Cîinele mare, Betelgeuse și Rigel din constelația Orion, Arcturus din constelația Boarul ș.a. Îndreptați aparatul cu „prisma-obiectiv” așa cum vă spuneam mai înainte și faceți un clișeu, cu aparatul fix, timp de 10 pînă la 15 minute. Veți obține un mic spectru stelar, extins în lățime prin mișcarea aparentă diurnă a cerului, care va putea fi copiat chiar în diapozitiv color. În orice caz, cîteva linii spectrale tot vor apare — în special, liniile hidrogenului la stelele alb-albastre.

Calitatea clișeelelor de spectre poate fi net superioară ca extensie longitudinală, dacă în locul prisme de binoclu — a cărei dispersie este totuși redusă —, vom utiliza fie o prismă de flint (se găsesc prin laboratoarele de fizică ale școlilor), fie o rețea de difracție, de asemenea existentă în școli. Astfel, chiar în cazul unui aparat fotografic cu obiectiv de 50 mm distanță focală și o rețea cu 100 linii/mm, puteți obține un spectru de ordinul I de 1,5 mm lungime. Măriți acest clișeu de 10 ori și veți obține... o frumusețe de spectru de 15 mm — nu pentru cine știe ce studii, dar foarte bun pentru demonstrații.

Nu puțini sînt cei care doresc să posede hărți stelare mai complete sau atlase. Întrucît asemenea publicații sînt de foarte mică circulație, vă propun să vă faceți singuri un atlas stelar fotografic, deosebit de precis și de imensă utilitate. Acestei acțiuni îi sînt consacrate paginile care urmează.

Vorbînd mai înainte despre astrografe, am arătat că și un simplu aparat fotografic, cu obiectiv de 50 mm distanță focală, acoperă o zonă apreciabilă pe cer și poate furniza imaginile a sute și sute de stele. Or, fotografierea sistematică, zonă cu zonă, a cerului ne duce la formarea atlasului, care va cuprinde astfel, toată zona observabilă din țara noastră.

Să presupunem că această zonă, practic vorbind, se întinde de la polul ceresc nord — deci de la declinația de $+90^\circ$ — pînă la declinația australă de -30° . Un calcul simplu ne arată că aria totală ce ar trebui fotografiată este de aproape $30\,950^\circ$ pătrate. În acest caz, pentru diferite distanțe focale, numărul total de clișee ce trebuie executate este cel de mai jos — socotit pe clișee de 24×36 mm, cu excepția ultimului obiectiv — astrograful cu diafragmă în centrul de curbura, unde am socotit clișee de 30 mm diametru.

Să analizăm puțin datele din acest tabel.

Astfel, cu un obiectiv de 50 sau 58 mm distanță focală, ariile acoperite de un clișeu sînt destul de mari; în schimb,

Tabelul 4.2

Clișee necesare atlasului stelar fotografic

Focala obiecti- vului [mm]	Aria clișeului [în grade pătrate] (rotunjit, zonă utilă)	Scara clișeului		Număr de clișee (rotunjit)
		[grade/ mm] linear	[grade ² / mm ²] arie	
50	$25^\circ \times 40^\circ = 1\,000^\circ$ patr.	1,14	1,31	31
58	$23 \times 35 = 805$	1,01	1,02	40
105	$12 \times 18 = 216$	0,55	0,30	145
135	$9 \times 14 = 126$	0,42	0,18	250
280	$\varnothing 6 = 28$	0,20	0,04	1095

puterea de separație este cam mică și anume, la o granulație de 0,05 mm, ea este de ordinul a $175''$, ceea ce e cam puțin, dar pentru început este satisfăcătoare.

De cealaltă parte se situează astrograful de 140 mm diametru pe care l-am descris mai înainte. Rezoluția lui este mare — circa $37''$; în schimb, fotografierea întregului cer observabil necesită aproape 1 100 de clișee, fără să mai vorbesc de necesitatea repetării unora dintre ele: mie mi se pare cam prea mult! Ar trebui să lucrați cam 4 sau chiar 5 ani de zile.

Cea mai bună soluție mi se pare aceea a utilizării unui obiectiv de 105—135 mm distanță focală. Totalul clișeelor necesare poate fi obținut cam în timp de 1—1½ ani de zile: scala este extrem de convenabilă, iar rezoluția este și ea potrivită, fiind de ordinul a $1'$.

E bine, totuși, să nu eliminăm din vederile noastre astrograful de 140 mm diametru, dacă trecem la o astfel de întreprindere. Dimpotrivă, apare recomandabil ca în zonele de mare densitate stelară — Calea Lactee, zonele unor roiuri stelare mai importante, zone de galaxii mai strălucitoare — să faceți și fotografii la scară mai mare. Deci, recomand să se facă fotografii sistematice pe tot cerul cu un obiectiv avînd $F = 135$ mm; la acestea, aș alătura însă fotografiile făcute pe zone, așa cum spuneam, cu un astrograf mai puternic — de cel puțin 250—300 mm distanță focală.

În funcție de obiectivul cu care vom lucra, trebuie să ne stabilim și duratele de expunere a clișeelor — durată constantă, spre a nu obține diferențe prea mari în magnitudinile limită obținute pe clișee. Astfel, din experiență, apreciez că o durată de expunere de 15 sau cel mult 20 de minute este recomandabilă pentru un obiectiv $1:3,5$, $F = 105$ mm și care, pe o peliculă de 27 DIN (400 ASA) asigură, în condiții corespunzătoare de cer, obținerea imaginilor stelelor pînă spre magnitudinea $10^m,8 - 11^m,0$. Evident, spre orizont, limita atinsă va fi mai mică, mai ales pentru declinații australe sub -20° , ca urmare a extincției de orizont.

Dacă ne-am pune problema doar a fotografierii fondului stelar, nu ar mai fi multe de spus. Dar noi vrem să realizăm un adevărat atlas stelar — deci vrem să-i asigurăm dotarea cu o rețea de coordonate care, chiar dacă nu va fi de precizia

marilor observatoare, ne va permite să determinăm și niște poziții. De aceea, mai întâi să ne stabilim un factor de mărire a clișeeilor la copierea pe hirtie. Din acest punct de vedere vă recomand ca factor de amplificare, pentru centrul clișeeilor (el variază puțin între centru și margine), de 10'/mm pentru obiective de 50—58 mm distanță focală și de 4'/mm pentru obiective de 105—135 mm focar. Variația scării de amplificare centru — bord nu permite o racordare a clișeeilor, dar aceasta nu are, practic, nici o importanță. Dar cum stabilim rețeaua de coordonate?

Pentru acest lucru, fie α_0 și δ_0 coordonatele ecuatoriale ale centrului C al clișeului obținut — adică, matematic vorbind, coordonatele ecuatoriale ale punctului de tangență al clișeului cu sfera cercască de rază R .

Toate cercurile orare ale fotografiei sînt drepte, convergente în punctul P (polul) și care se găsește la o distanță CP față de centrul clișeului, egală cu :

$$CP = R \operatorname{ctg} \delta_0, \quad (4.1)$$

unde

$$R = F \cdot G \quad (4.2)$$

și în care F — distanța focală a obiectivului utilizat la fotografiere, iar G este factorul de amplificare la copiere. Cît privește meridianele, acestea fac cu meridianul central al clișeului, care trece, evident, prin punctul de ascensie dreaptă α_0 , unghiuri definite prin :

$$\operatorname{tg} \beta = \sin \delta_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (4.3)$$

unde β este distanța unghiulară reală a meridianului căutat, față de meridianul central al clișeului — deci este vorba de diferența de ascensii drepte $\alpha - \alpha_0$. În acest mod, ne putem calcula și trasa meridianele corespunzătoare fotografiei noastre.

Ne rămîne acum să determinăm pozițiile liniilor de egală declinație, adică paralelii cerești. Față de realitatea riguroasă, care presupune curbe mai complicate, ne vom mulțumi — cu suficientă precizie —, prin a trasa arcuri de cerc al căror centru comun se află pe dreapta CP și ale căror raze r_i sînt date de formula :

$$r_i = R \operatorname{ctg} \delta_i, \quad (4.4)$$

unde δ_i este declinația cercului căutat.

Fiecare astfel de cerc taie meridianul CP la o distanță față de punctul C egală cu :

$$d = R \operatorname{tg} (\delta - \delta_0). \quad (4.5)$$

Singura dificultate constă în trasarea arcurilor de cerc cu razele r_i , care sînt destul de mari ; ne va fi necesară utilizarea unui compas-bară, avînd lungimea de 500—600 mm.

Mărirea clișeeilor presupune foarte multă atenție — iată unul dintre motivele duratei mari a lucrării ! Într-adevăr, după trăsarea pe o foaie de hirtie albă a rețelei de coordonate corespunzătoare clișeului în cauză — deci efectuarea calculelor prin formulele (4.1—4.5) se determină poziția față de rețea a unui număr de 10—12 stele de străluciri medii (în jur de 3^m—4^m) și se punctează pe hirtie imaginile acestora (este bine ca aceste stele să fie distribuite cam pe tot clișeul).

Hirtia respectivă se așază deci în rama de copiat a aparatului de mărit și se proiectează clișeul de așa manieră încît atunci cînd facem punerea la punct a imaginii, stelele deja desenate (pe baza pozițiilor dintr-o listă mai completă), să coincidă cît mai bine cu imaginile lor de pe clișeu ; va trebui deci să avem o suprapunere cît mai bună între punctele de creion — stelele marcate de noi după catalog — și imaginile aceluiași stele, existente pe clișeu.

Fără să mai atingem aparatul de mărit, spre a nu schimba distanța față de planul de proiecție al imaginii, scoatem hirtia cu rețeaua desenată și punem în loc foaia de hirtie fotografică pe care o expunem ceva mai puțin decît ar trebui și o dezvoltăm ceva mai mult, pentru ca imaginile stelelor să rămîină albe, iar pe de altă parte, să obținem toate imaginile de pe clișeu. Folosind peliculă de mare contrast (diapozitiv), am putea face contratipii — adică am face un diapozitiv de mare contrast al negativului și după el, o nouă copie negativă, care se va bucura de un contrast net superior. Această operație nu cere nici un fel de calcul — doar necesitatea de a copia întreg clișeul original.

Oricum ar fi, trebuie să facem copii pe hirtie de format 13×18 cm (mi se pare cea mai comodă), contrast. Cu aceasta, avem fotografia gata. Rețeaua desenată pe hirtie nu

se aruncă: în primul rînd, ea va fi copiată fie pe un calc subțire, fie pe folie transparentă de retroproiector, cu tuș roșu, galben sau alb, marcînd exact și limitele clișeului. Astfel, prin suprapunerea sa peste fotografie, oricînd vom avea, simultan, rețeaua de coordonate și fondul stelar. În al doilea rînd, dacă în planificarea lucrării ne asigurăm să facem clișee cu aliniere pe diferitele declinații — de exemplu, de jur împrejurul cerului pe un același paralel —, vom dispune de rețea pentru toate clișeele în cauză; evident, va fi necesar să facem calculele și desenele respective, pentru mai mulți paraleli — de-a lungul cărora vom face fotografiile zonale.

Sintetizînd cele spuse pînă acum, toată operația constă în:

- realizarea sistematică a clișeelor și notarea, pentru fiecare, a coordonatelor ecuatoriale ale centrului, cu precizie de $0^{\circ},1$; ele vor fi executate de așa manieră încît limitele unuia să se regăsească pe 2° — 4° pe clișeele vecine;

- desenarea de rețele pentru fiecare clișeu în parte, pe baza formulelor (4.1—4.5);

- marcarea, pentru fiecare clișeu, a unui număr de stele, potrivit coordonatelor ecuatoriale obținute din liste convenabile, pe hîrțile pe care am desenat rețelele;

- copierea prin mărire a clișeelor;

- ordonarea fotografiilor și catalogarea lor cu toate datele necesare — data și ora fotografiei, durată de expunere, date despre dezvoltare, particularități.

Lucrarea astfel întocmită, nu este însă lipsită de scăderi. Am menționat anterior că scara de mărire nu este aceeași pe toată aria unui clișeu oarecare, fiind vorba de un plan tangent la o sferă; dacă aria fotografiată este mai redusă, precizia este și ea mai mare. De asemenea, fiind vorba de mai multe filme, care nu pot fi dezvoltate exact în aceleași condiții, la străluciri egale de stele, nu vor corespunde imagini fotografice cu exact aceeași densitate fotografică, de la un clișeu la altul sau, mai ales, de la un film la altul. Cauza rezidă nu numai în condițiile variate de dezvoltare — deși e bine să vă străduiți să le uniformizați cît mai mult de la un film la altul! —, dar și în starea cerului la momentele executării clișeelor: transparența cerului, înălțimea zonei fotografiate deasupra orizontului etc. Ar fi deci o naivitate să faceți determinări fotometrice de la un clișeu

la altul: ele sînt posibile numai pentru aștrii figurînd pe unul și același clișeu. Or, nu vă veți apuca acum să faceți reduceri fotometrice de la un clișeu la altul, ca să tentați... copierea corespunzătoare! E imposibil să se facă așa ceva.

Cu toate acestea, atlasul vă va fi de o mare utilitate. La finele acțiunii, alături de hărțile mai mici, pe care sînt sigur că le aveți, atlasul vă va ajuta la orice lucrare de astronomie stelară...

Cum să fie planificată lucrarea?

Acest lucru depinde de mai mulți factori — timpul disponibil, condițiile atmosferice, prezența Lunii pe cer etc. Dar, ca frecvență a obținerii clișeelor, nu socotiți că veți face — mai ales cu un obiectiv de 105—135 mm distanță focală — mai mult de 4—5 clișee pe seara de observație: intervine oboseala ghidajului, poate și schimbarea condițiilor meteorologice ș.a. Mai mult, față de cifrele date în tabelul 4.2 socotiți un număr de clișee cu cel puțin 20% mai mare: e bine să repetați fotografiile asupra aceleiași zone — cine știe, poate găsiți o nova sau vreo cometă nouă (o spun fără nici un fel de glumă!) ... Repetarea clișeelor trebuie făcută, nu în aceeași seară, ci la un interval de cel puțin 2—3 zile, dacă nu chiar și mai mult, pentru obiective mici.

Nu fotografiați în serile cînd Luna este prezentă pe cer: lumina ei este suficientă pentru a vă „mîncea” cel puțin $0^m,5$ — $1^m,0$ din limita normală a clișeelor. De asemenea, feriți-vă de a fotografia atunci cînd există pelicule de nori subțiri sau atmosfera e pîcloasă — măcar în zona care urmează să fie fotografiată.

Executați fotografierea de-a lungul meridianului locului, cu o mică aproximație, începînd de la polul nord ceresc. De exemplu, pentru un obiectiv de 105 mm distanță focală, eu plasam aparatul (format de clișeu: 24×36 mm) cu latura mare a clișeului în lungul meridianului. Ținînd cont de cîmpul util, centrul primului clișeu avea declinația de 85° ; al doilea avea declinația de 71° , al treilea — 57° , apoi 43° etc. Asiguram astfel o acoperire de cîte 4° în declinație, ceea ce este mai mult decît suficient. La fel procedam și pentru ascensii drepte, obținînd acoperirea necesară.

Nu este neapărat necesar să faceți în aceeași seară tot meridianul. Puteți face, de exemplu, 3 clișee într-o seară (cum aveam eu, cele cu declinația de 85° , 71° și 57°); în

seara următoare sau peste 2—3 zile, puteți face, pe aceeași ascensie dreaptă, clișeele pentru declinațiile de 43° , 29° și 15° . Vor mai trece 2—3 zile și le veți face, tot pe aceeași ascensie dreaptă, pe cele cu declinațiile de $+1^\circ$, -13° și -27° , cu care terminați o zonă de ascensie dreaptă constantă. Deci, cu un obiectiv de 105 mm focar, epuizați o valoare a ascensiei drepte din 9 clișee — cel cu declinația de -27° ducându-vă, teoretic, până la -36° .

În fine, nu fotografiați înainte de a se întuneca pe deplin : aceasta înseamnă că iarna veți putea face fotografii după orele 18^h30—19^h; iar vara, ținând cont și de ora de vară, nu veți putea începe înainte de orele 22^h30^m.

De regulă, eu nu utilizam filtre — cel mult un filtru galben slab sau unul roșu deschis, pentru a contracara întrucîtva, ceturile atmosferei urbane. Nu vă recomand deci fotografia prin filtre, obiectivele fotografice fiind excelent acromatizate pentru acest scop; iar dacă este vorba de astrograful deja descris, nu uitați că el este perfect acromatic, fiind vorba de formarea imaginilor prin *reflexie* pe oglindă, nu prin refracție, deci nu aveți de-a face cu aberații cromatice...

Capitolul V

DE LA OBSERVATOR, IN CABINETUL DE LUCRU

Nu trebuie să insist asupra necesității prelucrării observațiilor, în scopul elaborării sintezelor și a deducerii elementelor cu caracter de generalitate cuprinse de ansamblul informațiilor obținute prin observațiile directe. Această prelucrare cere însă și ea un minim de aparatură — greu, dacă nu imposibil de obținut la nivelul astronomului amator; este însă bine că o serie de asemenea utilaje pot fi realizate în regie proprie, nu chiar ușor, dar totuși, cu deplin succes.

Voi începe cu observațiile de poziție. Să presupunem că am obținut un clișeu al unui cîmp stelar, pe care există și imaginea unui asteroid. Cum putem să obținem coordonatele sale ecuatoriale în momentul fotografierii?

Lăsînd pentru un capitol ulterior tehnologia de calcul, ne vom concentra aici asupra instrumentului de măsură: vom vorbi deci, despre modul de construire a unei mici mașini de măsurat clișee.

În poftida sistemului său destul de simplu, mașina noastră va fi capabilă de o precizie remarcabilă. Gîndiți-vă mai întîi, la scala imaginilor: spuneam mai înainte că această scală ține de domeniul sutimilor și chiar al miimilor de milimetru. Formula (2.6) arată că, în planul focal al unui obiectiv dat, secunda de arc subîntinde o lungime infimă; de exemplu, pentru un obiectiv cu distanța focală de 200 mm, o secundă de arc reprezintă în planul focal principal, mai puțin de o miime de milimetru — mai precis, $9,6963091 \cdot 10^{-4}$ mm! Or, în ce ne privește, vom avea deseori de măsurat — dacă nu astfel de distanțe, dar de ordinul a 5—10 μ m, în orice caz. Și atunci, mica noastră mașină de măsurat clișee, își va dovedi pe deplin nu numai utilitatea, dar și calitățile.

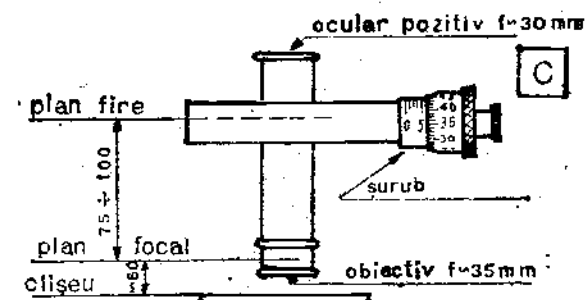
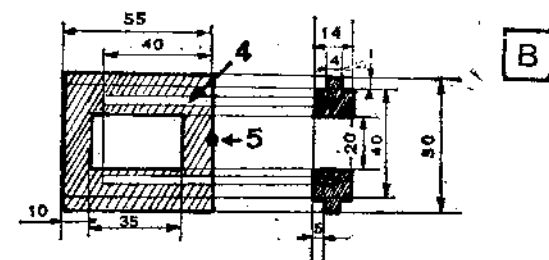
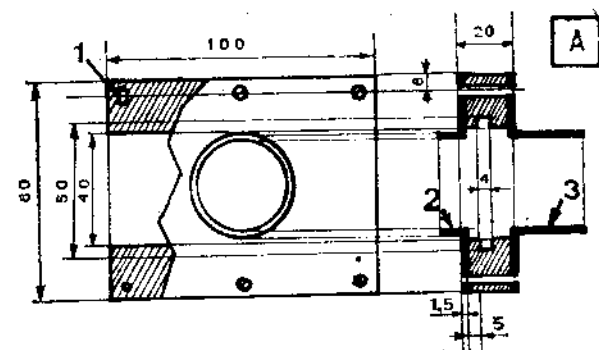
Pentru această construcție avem nevoie, în afară de piesele optice, ușor de combinat, de o singură piesă de pre-

cizie. Este vorba de un micrometru tehnic, care se poate procura din comerțul de stat, la un preț rezonabil. Acesta are un șurub cu zonă activă de 25 mm; pasul șurubului fiind de 0,5 mm, prin tamburul său divizat în 50 de părți, se asigură la simpla citire, o precizie de 0,01 mm. Iar dacă veți ține cont și de faptul că putem aprecia și jumătățile de diviziune — pe de-o parte —, iar pe de altă parte, prin repetarea unor măsuri, se reduc erorile efectuate, aprecierea și determinarea lungimilor de 3—5 μ m devin efectiv posibile. Or, asemenea valori corespund pe deplin pentru o serie întreagă de lucrări; iată un exemplu.

Cu ajutorul telescopului meu de 150 mm diametru, am obținut o serie de fotografii ale planetei Jupiter, având axa mare de circa 2,8 mm. Una dintre aceste imagini măsura 2,78 mm — la data fotografierii, planeta având diametrul ecuatorial de 42",84. Or, cum pe mașina pe care o realizasem puteam măsura 5 μ m, nu este greu de calculat că, în secunde de arc, cei 5 μ m reprezentau 0",08 — ceea ce depășea cu mult puterea separatoare a telescopului (0",80) și cu atât mai mult pe cea obținută pe clișee, care era de 1",5—1",7. Astfel îmi era suficientă o precizie medie de circa 0,08 mm, adică de 16 ori mai mică decât cea pe care mi-o furniza mașina... Dar, să trecem la construcția propriu zisă.

Dintr-un material plastic dur, nedeformabil la căldură, sau din metal, vom construi două șarniere cu forma și dimensiunile indicate în figura 5.1. Ele vor fi fixate riguros paralel, cu ajutorul a două plăci de plastic de 3—5 mm grosime sau din metal (alamă, duraluminu) de 1,5 mm grosime, în modul indicat în aceeași figură. Aceste plăci vor avea în centrul lor câte o gaură cu filet fin, pentru fixarea tuburilor ce vor purta piesele optice. Atentie la realizarea părții glisante a celor două șarniere, indicate în figura 5.1, A: ele trebuie să fie perfect drepte, fără bavuri sau alte neregularități care ar conduce la erori în deplasarea cadrului mobil al mașinii noastre de măsurat clișee! În fond, construim un micrometru astronomic, pentru care milimetrul este o lungime uriașă!

Să facem acum cadrul port-fire al aparatului. Acesta este reprezentat în figura 5.1, B și va fi construit tot din material plastic dur, nedeformabil, fiind prevăzut cu un fel de fereastră, ca și cu două găuri incomplete, date paralel,



5.1 Piesele mașinii de măsurat clișee:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------|
| 1 — gaură ovalizată pentru re- | 4 — gaură pentru are- |
| glajul poziției șarnierei | |
| 2 — tub portobiectiv | 5 — bilă de 4—5 mm |
| 3 — tub portocular | |

în grosimea materialului. Și tot pe acest cadru, la un atelier de precizie, vom trasa trei zgîrieturi riguros paralele și echidistante și o a patra, perfect perpendiculară pe primele trei. Adîncimea lor nu trebuie să fie mai mare de 0,05 – 0,10 mm; pentru că în aceste zgîrieturi — dar numai în finalul construcției — vom fixa fire din cea mai subțire sîrmă pe care o găsim (0,05 mm ?) sau fire de păr cît mai fine, bine degresate și bine întinse. De regulă, se pun fire de păianjen sau fire de cuarț, dar operația este foarte dificilă. Firele se vor fixa cu un adeziv cu uscarea rapidă: încă odată, să fiți foarte atenți la poziționarea firelor ca și la întinderea lor — mai ales că firele de păr, la umezeală, se întind în lungime: le puteți fixa chiar într-o atmosferă umedă — ele întinzîndu-se puternic atunci cînd se usucă.

În găurile longitudinale ale cadrului port-fire, vom fixa, prin știfturi îngropate, arcuri spirale, făcute din fir de oțel de 0,5–0,6 mm grosime, avînd diametrul exterior de 2 mm și lungimea liberă de 40 mm. Extremitățile rămase libere vor fi fixate la montaj, tot prin știfturi, în capacele întregului dispozitiv. În acest mod, cadrul port-fire este tras spre dreapta de cele două arcuri, alunecînd pe șarniere, *fără nici un fel de piedică sau ioc*. Pentru facilitarea alunecării, vom putea gresa șarnierele cu puțină vaselină fină — chiar medicinală, neutră.

Mișcării cadrului spre dreapta i se opune însă șurubul micrometrului tehnic, montat printr-un corp adecvat, pe latura mică a cutiei micrometrului nostru (figura 5.1 C). Rotînd șurubul, cadrul va fi împins spre stînga sau eliberat pentru a se deplasa singur spre dreapta, prin acțiunea arcurilor, potrivit sensului de acționare a șurubului.

Cu aceasta, am terminat partea mecanică cea mai complicată a mașinii noastre de măsurat; să trecem acum la partea optică.

Să luăm o lentilă — preferabil — plan convexă, cu distanța focală de circa 25–30 mm, pe care o vom monta la capătul unui tub cu lungimea de circa 70 mm. Acest tub va fi montat pe partea inferioară a carcasei micrometrului — capac care poate fi recunoscut, prin așezarea micrometrului de așa manieră încît să avem șurubul micrometric la dreapta.

În fața lentilei, care are diametrul de circa 20 mm, vom monta cu atenție o diafragmă cu diametrul de 10 mm. Această lentilă va constitui obiectivul mașinii de măsurat; ar fi foarte bine dacă ați găsi o lentilă acromatizată sau chiar un grup de lentile (mic obiectiv ?) cu distanța focală indicată.

Acum să luăm alte două lentile și anume, din cele pentru ceasornicărie de putere $3\times$ sau, preferabil, $5\times$ (se găsesc la magazinele de optică medicală), pe care le vom monta la o distanță de 7–8 mm între ele, obținînd ocularul mașinii. Distanța focală, nu uitați, se calculează prin formula

$$F = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d}, \quad (5.1)$$

unde F — distanța focală rezultantă; f_1 și f_2 — distanțele focale ale celor două lentile (pot fi diferite, lentila cu distanța focală mai mare fiind plasată prima, în sensul privirii prin ocular); d — distanța dintre cele două lentile.

Ocularul astfel construit va glisa într-o a doua țevă, montată pe placa superioară a mașinii de măsurat, lungă de circa 25 mm; prin această glisare se va asigura punerea la punct a imaginii *firelor*, adică, privind prin ocular, va trebui să vedem foarte clar, firele de pe cadrul port-ocular.

Astfel realizat, ocularul trebuie prevăzut în prealabil, cu o diafragmă cu diametrul nu mai mare de 10 mm, care va fi așezată în fața primei lentile la o distanță de ordinul a 20–30 mm, de așa manieră încît conturul ei interior să fie văzut cu toată claritatea. O a doua diafragmă, cu diametrul interior de cel mult 5 mm, va fi așezată după cea de-a doua lentilă, la aproximativ 8 mm de aceasta; prin această diafragmă se va privi în câmpul micrometrului, diametrul ei mic fiind necesar pentru a asigura poziția corectă a ochiului în timpul măsurătorilor. De altfel trebuie să vă spun că uneori diametrul acestei diafragme se face de numai 1,5–2 mm, cînd ocularul este mai puternic.

După realizarea tuturor acestor piese, putem trece la fixarea firelor așa cum spuneam mai înainte, pe cadrul port-fire. Iar după aceasta, vom trece la montajul tuturor pieselor, respectiv la asamblarea întregului nostru instrument de măsurat. Dar trebuie să mai adaug că întregul aparat va trebui să fie fixat pe un suport, prevăzut cu o

mică țevă sau cu o cremalieră, pentru a asigura punerea la punct a imaginii, prin reglarea distanței aparatului față de clișeu ce trebuie măsurat. În medie, distanța obiectivului aparatului față de clișeu, va fi de aproximativ 30—40 mm. De altfel, punerea la punct a aparatului se va face astfel : 1) se pune la punct ocularul față de firele de pe cadrul port-fire ; 2) prin mișcarea întregului aparat, se face punerea la punct a imaginii ce va fi măsurată. De-abia după aceste două operații se va putea trece la măsurători.

Aparatul funcționează foarte simplu. Mai întâi, orientăm convenabil imaginea, potrivit necesităților ; după aceea facem punerea la punct foarte precisă a aparatului și trecem la măsurători, în milimetri și fracțiuni de milimetru, până la 0,005 mm.

Iată-ne acum în posesia unui instrument foarte prețios — foarte scump, **dacă** ar fi să-l procurăm de la o fabrică specializată. Vom avea ocazia mai târziu să vorbim despre tehnica măsurătorilor — mai precis, despre modul în care trebuie să procedăm pentru obținerea de rezultate finale, astronomice, din măsuri de coordonate rectangulare. Până atunci însă, să ne ocupăm de un alt instrument de mare utilitate — mai precis de o anexă de mare eficiență în observarea vizuală a Soarelui și chiar în fotografierea astrului zilei : ocularul cu polarizare.

Spre deosebire de ceilalți aștri, în observarea cărora avem de luptat cu insuficiența luminii primite de la ei, în cazul Soarelui excesul de lumină este atât de mare, încât observarea directă, fără sisteme adecvate de atenuare a luminii are ca urmare *distrugearea iremediabilă a ochiului* ! Mai ales în cazul instrumentelor care depășesc 60 mm în diametru, chiar filtrele de sudură devin insuficient de sigure : așezate fiind în imediata vecinătate a cercului ocular, ele se încălzesc și se sparg, fără ca să mai pun la socoteală alterarea lentilei codale a ocularului, ca urmare a imediației vecinătății a filtrului încins.

Există mai multe soluții pentru eliminarea pericolului radiației solare. De exemplu, astrul poate fi observat prin intermediul unui filtru de sudură plasat la ocular, cu condiția diafragmării obiectivului instrumentului la o deschidere liberă — excentrică în cazul telescoapelor —, care să nu depășească 50 mm diametru. Dar în această situație,

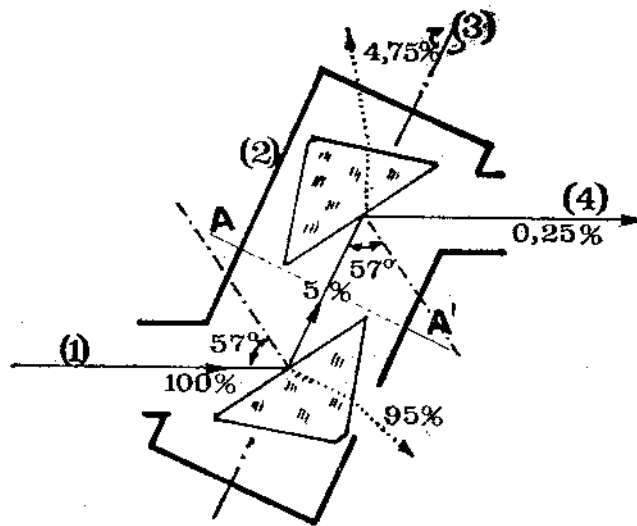
reducem puterea separatoare a instrumentului la cca 2", 5 — deci vom pierde posibilitatea observării detaliilor fine. De asemenea, fără să diafragmăm obiectivul, putem plasa în fața lui un filtru neutru de mare densitate — transmisie 10^{-6} — 10^{-4} — sau a două filtre dense, unul verde și unul roșu, care dau cam aceeași densitate totală. Ncajunsul constă în aceea că aceste filtre trebuie să fie cel puțin egale în diametru cu obiectivul sau să măsoare măcar 60—70 mm diametru (restul obiectivului fiind obturat) ; în plus ele trebuie să fie optic perfecte — deci să fie confecționate din sticlă optică, polisată după toate regulile opticii.

Există, în comerțul specializat, așa-numitele oculare helioscopice, care însă și ele necesită înzestrarea instrumentelor cu filtre montate la ocular. Un mijloc foarte eficient îl constituie utilizarea fenomenului de polarizare a luminii, ca urmare a posibilității de „stingere” aproape totală a unui fascicul luminos oarecare.

Amintiți-vă de la lecțiile de fizică, cele învățate despre polarizarea luminii : dacă un fascicul de raze luminoase, paralele, cade pe o suprafață de sticlă sub un anumit unghi față de normală (incidența brewsteriană), propagarea fasciculului nu se mai face prin vibrații în toate planurile care trec prin dreapta de propagare, ci numai într-un singur plan : planul de polarizare. Fenomenul poate fi realizat și pe alte căi, dar noi îl vom reține pe acesta — al reflexiei sub un anumit unghi.

Dacă în calea fasciculului de lumină polarizată punem o nouă placă de sticlă, cu respectarea incidenței brewsteriene, lumina se reflectă integral numai dacă planul de polarizare al celei de-a doua suprafețe coincide cu cel de polarizare al luminii incidente. În cazul în care aceste planuri diferă, fasciculul emergent final este atenuat — până la stingere completă, atunci când unghiul celor două plane este de 90° , variația intensității fiind funcție de cosinusul unghiului dintre cele două plane.

Ei, bine, tocmai acest fenomen îl vom utiliza și noi pentru eliminarea excesului de lumină de la Soare. Într-adevăr, vom construi într-o formulă simplificată, un ocular solar cu polarizare — sau, altfel spus, un helioscop polarizant. Priviți schema din figura 5.2, care explică aproape **toată** construcția. Razele de lumină venite de la obiectivul



5.2 Ocular solar cu polarizare;

- 1 — lumină de la obiectiv
- 2 — corp rotitor în jurul axei „3” (pînă la linia AA')
- 3 — axă de rotație
- 4 — lumină spre ocular

instrumentului, cad pe fața ipotenuză a unei prisme de sticlă (prismă de binoclu), făcînd cu normala la această față un unghi definit astfel:

$$\operatorname{tg} \varphi = n \quad (5.2)$$

unde n este indicele de refracție al sticlei. Cum, în cazul sticlei optice utilizate la construcția acestor prisme (BK 7) $n \sim 1,55$, rezultă că unghiul $\varphi = 57,2^\circ$. Acesta este unghiul incidenței brewsteriene în cazul nostru — după numele fizicianului englez David Brewster (1781–1868) care a descoperit fenomenul polarizării luminii prin reflexie.

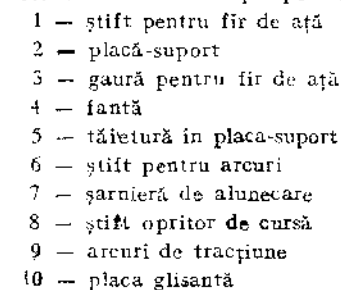
Această primă reflexie, care duce și la polarizarea luminii venite de la obiectiv, mai are un efect pozitiv: reflexia făcîndu-se pe o suprafață nemetalizată, numai 5% din lumina incidentă este reflectată (reflexie vitroasă), în timp ce restul de 95% străbate prisma și iese din instrument.

A doua reflexie se face sub același unghi φ : avem deci încă o pierdere de lumină, prin reflexie vitroasă, de 95% din cea incidentă. Lumina rămasă în final este deci numai de $1/20 = 1/400$ din cea inițială. În plus însă, să rotim placa de sticlă plană (eventual, tot o prismă de binoclu), în jurul axei 3 a dispozitivului nostru: vom schimba poziția unghiulară a planului de polarizare al acestei plăci de sticlă față de cel al primei prisme, trecînd de la 0° pînă la 90° . Or, în această ultimă poziție, dacă fasciculul ar fi fost format din raze de lumină paralele, am fi avut o stingere completă; practic însă avem doar o extrem de pronunțată reducere a luminii — din cauză că lumina incidentă este formată din raze convergente, care nu cad pe suprafețele reflectante exact sub unghiul menționat. Această reducere este însă atât de mare, încît putem plasa aici un ocular fără absolut nici un filtru, făcînd observarea Soarelui în deplină securitate. Mai mult, în funcție de strălucirea Soarelui, prin rotirea celei de-a doua plăci (prisme) se poate regla intensitatea luminoasă a imaginii la valoarea cea mai convenabilă, pentru observarea tuturor detaliilor suprafeței solare. Iată cum putem păstra neschimbat diametrul obiectivului la observațiile solare — deci puterea separatoare maximă —, înlăturînd și orice pericol din acest gen de observații: un simplu dispozitiv introdus între obiectiv și ocular, rezolvă radical problema. Cu titlu informativ, vă spun că la telescopul meu de 150 mm diametru, nici vara, în condiții de maximă strălucire a Soarelui, nu am ajuns la 90° ca unghi între cele două suprafețe (de fapt, între planele lor de polarizare) și nici nu am diaframat oglinda: imaginile își păstrează toată claritatea posibilă — în funcție doar de turbulența atmosferică — și, ceea ce este foarte important, coloratura reală, mai mult decît interesantă.

Dar pentru că vorbim de observațiile solare, vă propun și observarea fotografică a astrului. În orice caz, **ATENȚIE!** **OBTURATOARELE PERDEA ALE APARATELOR FOTOGRAFICE POT FI DISTRUSE DACĂ SÎNT DIRECT EXPUSE LUMINII ȘI CĂLDURII SOLARE VENITE DE LA OBIECTIVELE LUNETELOR SAU TELESCOAPELOR!**

O soluție pentru fotografierea suprafeței solare și a fenomenelor sale caracteristice o reprezintă montarea aparaturii

Cît mai aproape de planul filmului, vom practica o tăietură în care vom fixa obturatorul nostru ultrarapid: dimensiunile tăieturii sînt determinate de ansamblul obtu-



ratorului și anume, ea va fi de 60 mm lungime și 4—4,5 mm lățime. Evident, va trebui să asigurăm etanșarea față de lumina care ar putea trece pe lângă obturator și ajunge la peliculă.

Piesa principală este o placă de duraluminu sau chiar tablă de oțel, cu grosimea de 0,7—0,8 mm și dimensiunile din figura 5.3. Este bine ca placa-suport (2), de 125×6mm să fie făcută din duraluminu gros de 2 mm, ca și cele două șarniere destinate culisării plăcii glisante (10).

În poziția „armat”, placa cu tăietură va fi trasă spre capătul I al culisei și va fi fixată cu un fir de ață mai tare, ca să nu cedeze sub acțiunea arcului. În această poziție, arcu este întins destul de puternic — acțiunea sa trebuind să se manifeste pe toată cursa de 25 mm a obturatorului.

Când vrem să facem expuneri, dăm foc firului de ață, pentru ca placa de obturație să scape fără smucituri, în cursa determinată de arc. Astfel, fanta va trece cu mare viteză prin dreptul clișeului, determinând o acțiune extrem de scurtă a luminii Soarelui asupra peliculei — mai precis, în jur de 1/2 000—1/2 500 s sau chiar mai puțin.

După expunere, obturatorul se va arma din nou, tot prin reținerea sa cu un fir de ață. Dar să fiți atenți când faceți armarea: acoperiți obiectivul instrumentului — altfel, lumina Soarelui va ajunge pe clișeu în timp ce faceți armarea.

Precauții? Închideți bine orice orificiu prin care lumina ar putea ajunge pe peliculă — bineînțeles, în afara expunerii propriu-zise. Nu atingeți dispozitivul înainte de expunere, ci dați foc la fir — evident, după ce v-ați asigurat prin intermediul căntătorului, că imaginea Soarelui se va forma efectiv pe peliculă și nu... alături. În fine, verificați din când în când acuratețea arcului pentru ca acesta să nu se „lenevească” în timp, luând măsurile necesare — întinderea suplimentară, eventuala înlocuire, curățenia glisierelor etc.

Dacă cumva observați că pe clișee apar linii paralele de diferite grosimi, înseamnă că fanta are neregularități sau că marginile sale nu sînt bine vopsite în negru mat, așa cum trebuie să fie toate părțile interioare ale obturatorului, adică cele care sînt întoarse către peliculă. Iar dacă expunerile sînt prea scurte, lărgiți fanta — dar nu peste 2,0—2,5 mm, spre a nu ajunge la supraexpuneri. În orice caz, câteva expe-

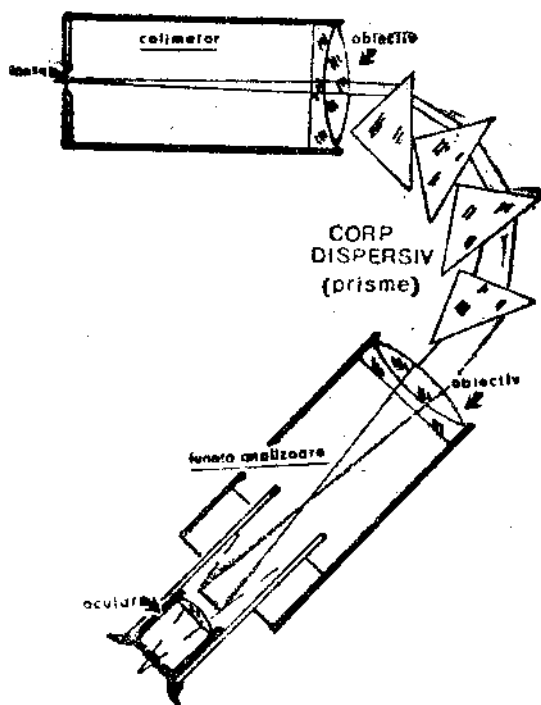
rimente și puțină practică vă vor duce la rezultatele așteptate. Dar, pentru că vorbim de Soare, să ne ocupăm puțin și de un spectroscop solar, nu prea greu de realizat.

Construirea unui spectroscop demonstrativ poate fi abordată cu deplin succes. Este suficient să arăt că un spectroscop similar celui descris mai jos, l-am utilizat mai mulți ani pentru observarea fenomenelor din cromosfera solară — protuberanțe de diferite tipuri, erupții cromosferice la bordul discului —, cu rezultate foarte bune.

Principial, un spectroscop este compus din : 1) colimator, care servește la obținerea unui fascicul îngust de raze de lumină paralele ; 2) corp dispersiv, care servește la separarea diferitelor radiații ale luminii solare (sau ale unei alte surse luminoase), potrivit lungimilor de undă ale fiecăreia ; 3) lunetă analizoare, utilizată pentru observarea spectrului obținut și a detaliilor sale.

Funcționarea spectroscopului este simplă. Fasciculul de raze paralele, furnizat de colimator, traversează corpul dispersiv de unde, din cauza refracției diferențiate după lungimea de undă a radiațiilor, acestea se înșiră pe o fișie, formînd o bandă continuă — spectrul. El este fie observat cu ajutorul lunetei analizoare, fie fotografiat în planul focal al obiectivului acestei lunete.

Toate piesele necesare pot proveni chiar de la un binoclu cu prisme, deteriorat (nu campărați un binoclu spre a-l demonta !) sau cu piese lipsă, ce nu mai pot fi înlocuite. Avem nevoie, de fapt, de cele două obiective, de prismele sale și de un ocular. Așezarea lor generală este dată în figura 5.4, unde am dat structura spectroscopului nostru cu *prisme* : drept element dispersiv se poate utiliza cu succes și o rețea de difracție — în care caz, dacă găsiți așa ceva pe la școală, faceți modificarea de rigoare, ușor de imaginat. Veți remarca în cazul nostru faptul că colimatorul este rigid legat de placa purtătoare a corpului dispersiv — orice schimbare a poziției fantei spectroscopului ducînd la deformarea spectrului. La rîndul său, luneta analizoare este coaxială cu mediana fasciculului de lumină ieșit din corpul dispersiv, asigurîndu-se astfel observarea întregului spectru și o luminozitate maximă. Cît privește prismele, ele vor fi așezate și blocate cu multă grijă, în pozițiile indicate în figură.



5.4 Schema spectroscopului.

Colimatorul, ca piesă inițială, este constituit dintr-o fantă îngustă, reglabilă, pe o lărgime cuprinsă între 0 și 1,5 mm. Ea va fi realizată din două lame de ras obișnuite. Glisiera fantei va fi lipită la unul dintre capetele unui tub de masă plastică rigidă sau de metal, cu lungimea de 60 mm și diametrul de circa 30 mm. Acest tub trebuie să poată aluneca cu oarecare greutate într-un al doilea tub, lung de 100 mm, care va purta, la un capăt, unul dintre obiectivele binoculului de la care am recuperat piesele. De regulă, dacă acesta este de tipul 6×24 , 6×30 , 8×30 , distanța focală a obiectivelor este de 120 mm; în cazul în care focala este diferită, prin construcție vom asigura o distanță între fantă și obiectiv, riguros egală cu distanța focală a obiectivului, prin culisarea

celor două tuburi. Acest reglaj se face ușor: îndreptați colimatorul spre Soare, cu fanta înaintă și prindeți imaginea fantei pe un ecran de carton alb, plasat în spatele colimatorului la o distanță de cel puțin 30 cm. Această imagine trebuie să fie perfect clară — și o vom face așa, prin culisarea corespunzătoare a tuburilor. Nu uitați însă ca mai înainte, să vopsiți interiorul tuburilor în negru mat, pentru a elimina reflexiile parazite; iar după reglaj, puteți bloca în poziție cele două tuburi.

Luneta analizoare va fi constituită din cel de-al doilea obiectiv al binoculului și unul dintre ocularele acestuia (cel de-al doilea, dacă există, va putea fi utilizat la telescop). Obiectivul va fi montat la un capăt al unui tub cu diametru corespunzător, lung de 90 mm (sau cu 30 mm mai scurt decât distanța focală a acestui obiectiv); iar ocularul va fi și el montat la un capăt al unui al doilea tub, lung de 60–70 mm, care să poată glisa în primul, pentru reglarea clarității imaginii. Această operație se va face de altfel în finalul lucrării.

Corpul dispersiv va fi realizat potrivit figurii 5.5, unde am dat schema de așezare a prismelor și dimensiunile plăcii purtătoare. Aceasta din urmă va fi tăiată din PAL de 10–12 mm grosime, în dublu exemplar; inițial, cele două plăci vor fi strânse foarte puțin cu ajutorul șuruburilor S, pentru a permite reglarea fină a poziției prismelor. După aceea, ele vor fi strânse spre a nu mai permite deplasarea acestora — deci dereglarea sistemului. În final, marginea acestui corp va fi acoperită cu hârtie neagră, groasă, spre a nu mai permite intrarea luminii parazite, ci numai a celei care vine prin colimator.

După cum se vede și din desen, plăcile care suportă corpul dispersiv poartă două inele: unul dintre ele, notat cu A, poartă luneta analizoare, iar cel de-al doilea — colimatorul. De altfel, este de observat și faptul că inelul purtător al lunetei poate pivota greu, pentru un reglaj corespunzător al lunetei față de spectru. Dar cu acestea am terminat construcția și putem trece la reglaje.

Să așezăm spectroscopul pe un suport adecvat și, deschizând fanta la o valoare de 1,0–1,5 mm, plasăm în fața ei un bec opal mai puternic — de cel puțin 40 W. Pe lentila colimatorului vom observa o pată de lumină de formă

ne ajută oarecum, prin mărirca dispersiei — destul de mici la prismele de binoclu.

Utilizați spectroscopul nu numai la observarea spectrului solar, ci și în laborator. De exemplu, în flacăra unei spirtiere, puneți câteva granule de sare și simultan, veți observa în spectrul flăcării, apariția a două linii luminoase galbene, foarte apropiate și paralele: sînt liniile spectrale ale sodiului, cunoscute — după notația lui J. Fraunhofer — sub indicativile D_1 și D_2 . Alte linii vor apare în culoarea verde — linii ale clorului, în timp ce eventualele impurități vor da și ele anumite linii spectrale. La fel, examinarea spectrelor date de becuri fluorescențe, cu vapori de mercur etc., vor da ca rezultate frumoase spectre de emisie, cu numeroase linii luminoase de diferite culori. În orice caz, cîmpul de observații este mai mult decît larg — totul depinde de voi...

Practica astrofizică se bazează deosebit de mult pe evaluarea și măsurarea cît mai precisă a intensităților luminoase, adică pe lucrări de fotometrie — stelară, planetară etc. De exemplu, pe un clișeu al planetei Jupiter, veți remarca prezența benzilor alternativ luminoase și întunecoase — deci, prin excelență, inegale ca intensitate; pe un alt clișeu, de data aceasta executat asupra unui cîmp stelar, imediat veți recunoaște imagini mai dense și mai mari pentru unele stele, alături de altele mai puțin dense (și mai mici ca diametru) sau altele care de-abia se mai pot vedea.

Evident, toate acestea trebuie măsurate, evaluate cît se poate de exact. Pentru aceasta există numeroase sisteme de măsurare fotometrică a densităților fotografice, care — cu anumite precizări — exprimă raporturi relative și măsuri absolute ale strălucirilor. Vreau să spun prin aceasta că există și numeroase sisteme de măsurare — variate tipuri de fotometre, care de care mai sensibile, mai precise și... mai scumpe! De aceea, nu spun nici un cuvînt despre *procurarea* unui astfel de aparat, care trebuie să fie cu mult mai sensibil decît un luxmetru fotografic; copiind însă principal unele dintre ele și făcînd diferite combinații, ne putem realiza noi înșine astfel de instrumente. Dintre numeroasele posibilități, m-am oprit asupra unui astfel de fotometru fotoelectric destul de simplu și a cărui schemă

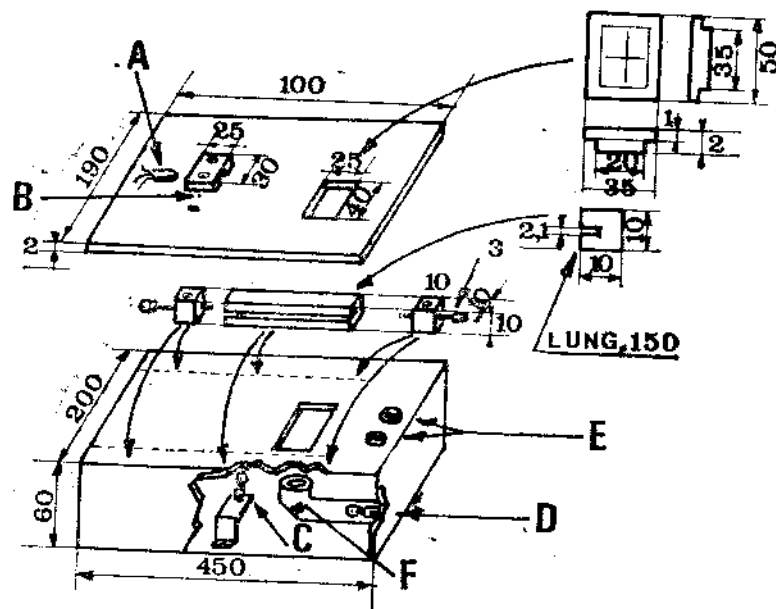
electronică nu pune probleme prea complicate, nici măcar unui electronist amator și... începător.

Principiul de funcționare este simplu. Un bec de automobil de circa 12 W, de culoare albă, este așezat în spatele unui obiectiv de aparat fotografic oricît de vechi și de imperfect ar fi el. Acesta formează un spot luminos cu diametrul în jur de 0,5 mm care, la rîndul său, este interceptat în focarul obiectivului, de pata întunecată a imaginii unei stele de pe clișeul cercetat.

Pe de altă parte, locașul tranzistorului — element modificat pentru a fi sensibil la lumină —, are o perforație cu diametrul de 0,3 mm. Cînd impulsul luminos primit de tranzistor intră pe circuitul electronic, se constată la un aparat de măsură — un voltmetru electronic — o tensiune care traduce, în fond, densitatea fotografică a imaginii stelei.

Dar trebuie ținut cont de faptul că densitățile de înregistrare a clișeului variază de la o stea la alta, ca urmare a strălucirilor diferite; rezultă că, pentru fiecare astfel de imagine, se va găsi o altă valoare a tensiunii electrice. Cum acestea sînt proporționale cu densitățile de clișeu, rezultă că noi măsurăm de fapt magnitudini stelare — fotografice sau fotovizuale, după sistemul utilizat la fotografiere. Vom construi deci un fotometru — mai precis un densitometru, care ne va da posibilitatea de a măsura, nu zecimi, ci sutimi de magnitudine.

Construcția acestui densitometru nu pune probleme prea dificile — afară doar, poate, de realizarea stabilizatorului de tensiune care, în schimb, ne va scăpa de multe erori instrumentale inerente altfel. Astfel, mai întîi vom pregăti piesele reprezentate în figurile 5.6 și 5.7, unde am indicat și materialele necesare. Singura dificultate aici o reprezintă executarea unei perforații cu diametrul de 0,3 mm în placa unde vom fixa la montaj, tranzistorul: serviciul unui ceasornicar ne va fi bine venit. Cred că nu mai este necesar să subliniez cerința atenției în executarea pieselor, ca și atunci cînd veți face montajul instrumentului: ar fi păcat să aveți dificultăți în timpul reglajului mecanic, care trebuie să fie cît mai precis, pentru ca să puteți asigura o maximă fiabilitate rezultatelor obținute.

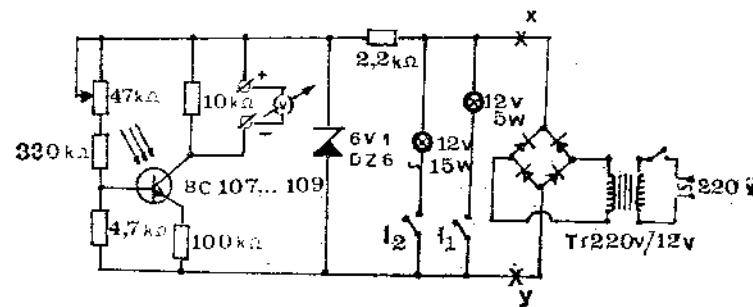


5.6 Piese mecanice ale densitometrului:

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| A — tranzistor | D — iluminarea pentru spot |
| B — gaură 0,3 mm diametru | E — cuplare voltmetru |
| C — iluminarea laterală | F — oglindă mică plană |
- În tubul becului D se montează obiectivul pentru formarea spotului luminos

Ajungem acum la partea electronică propriu-zisă, în executarea căreia, orice electronist amator nu va întâmpina dificultăți. Iată mai întâi, lista pieselor necesare.

- Rezistoare cu cărbune sau cu pelicule metalice, menite să asigure o bună stabilitate termică și a valorilor nominale în timp, având puteri cuprinse între 0,25 W și 0,50 W : 2,2 k Ω ; 4,7 k Ω ; 10 k Ω ; 47 k Ω ; 100 k Ω ; 330 k Ω ;
- Tranzistor : BC 107 sau BC 109 ;
- Diodă Zenner : 6 V 2 sau DZ 6 (diodă stabilizatoare de 6 V) ;
- Potențiomtru : 47 k Ω ;
- Întrerupător dublu ;



5.7 Schema electrică a densitometrului.

- Transformator 220/12 V ;
- Diodă redresoare sau o punte redresoare cu $I_r > 1$ A.

Schema de principiu a instrumentului este dată în figura 5.7. De aici se vede că atât becul de spot, cât și cel destinat iluminării laterale au alimentarea asigurată prin intermediul transformatorului 220/12 V. Singura problemă care se pune este aceea a asigurării stabilizării tensiunii. Aici, am fi putut recurge la soluția alimentării de la un acumulator de 12 V, în care caz nu mai era necesar transformatorul și nici dioda sau puntea redresoare. Am preferat cu toate acestea, să dăm alimentarea de la rețea, ca fiind mai simplă și permanentă.

Mai există și altă soluție. Anume, să introducem în circuitul de alimentare un grup special conceput în acest sens ; de exemplu, revista „Tehnium”, publică o sumedenie de montaje electronice. Astfel, în nr. 9 din anul 1982, la pagina 8, veți găsi construcția unui dispozitiv de stabilizare a tensiunii, perfect adecvat scopurilor noastre. Dacă veți proceda la construcția acestui dispozitiv, toată partea marcată în schema din figura 5.6, adică puntea de redresoare, devine inutilă, așa că se elimină. Introduceți acest dispozitiv la priză și, în continuare, cuplați densitometrul la ieșirea acestui dispozitiv. Cum el este conceput ca să asigure o alimentare la tensiuni cuprinse între 3—30 V, îl veți regla în prealabil să vă livreze 12 V ; stabilizarea tensiunii se face cu o precizie de 0,01%.

Ca instrument de măsură, în principiu puteți să utilizați orice voltmetru care are o rezistență internă mai mare sau cel puțin egală cu $20\text{k}\Omega/\text{V}$, care poate fi procurat din comerț, ca, de exemplu, instrumentul complex MAVO-1. Dacă însă din diferite motive nu optați pentru această soluție, puteți apela din nou la colecția revistei „Tehnum”, care a publicat în repetate rânduri scheme de construcție pentru aparate de acest gen — unele dintre ele de mare fiabilitate. Indiferent însă de soluția adoptată, va fi necesar ca pe parcursul măsurărilor, să verificați în repetate rânduri poziția de zero a instrumentului și să o reglați după necesități, pentru a putea obține rezultate corecte.

Elementul fotosensibil este constituit dintr-un tranzistor BC 107 sau BC 109, modificat în acest sens. Indiferent de tipul său, luați tranzistorul respectiv și piliți capătul cu o pilă fină, până la perforarea completă a acestuia, pentru a deschide o fereastră spre elementul sensibil. În continuare, clătiți bine tranzistorul în diluant curat, pentru ca să eliminați atât pasta siliconică din interior, cât și minusculele fire de pilitură metalică ce au căzut în interior, la pilire. După uscare, fototranzistorul e gata pregătit pentru scopul menționat.

De aici, practic, nu mai poate apărea nici o problemă, așa că putem să trecem la montaj și reglaj.

Să facem mai întâi centrarea spotului luminos spre tranzistor, fără clișeu, cu ajutorul voltmetrului electronic și pe baza punctului zero reglabil — pe care îl vom avea ca punct de reper la fiecare măsură. Să aprindem deci spotul și să aducem prin glisare tranzistorul în coincidență cu acesta: când voltmetrul dă o deviație, acționând șuruburile de reglaj ale poziției tranzistorului, căutăm să aducem această deviație la valoarea maximă posibilă. De altfel, putem mișca și tranzistorul în lăcașul său cu același scop, blocându-l în poziția cea mai convenabilă.

Fără a stinge spotul, deplasăm placa în poziția inițială și facem aceeași operație, de data aceasta pentru reticulul cruciform de pe placa de plexiglas. De regulă, la o construcție îngrijită, nu este necesar nici un reglaj lateral care, dacă totuși se impune, se poate face prin ovalizarea ușoară a găurilor de fixare a plăcii cu reticul.

Utilizarea este la fel de simplă. Anume, negativul care urmează să fie cercetat, este fixat pe placa de sticlă, perfect plan și cu gelatina spre tranzistor. Cu ajutorul iluminării laterale și al unei lupe de ceasornicărie, centrăm imaginea stelei care urmează să fie măsurată, pe baza reticulului de pe placa de plexiglas. Acum stingem iluminarea laterală și aprindem spotul de măsură, după care glisăm placa cu tranzistorul, care se va plasa în dreptul spotului. Lumina trece prin diafragma de $0,3\text{ mm}$ și imaginea stelei, fiind primită de tranzistor; acesta, la rândul său, o trece sub formă de tensiune la voltmetru. Facem lectura și... am terminat operațiile cu steaua în cauză.

Se pun, totuși, câteva condiții pentru ca instrumentul să ne dea rezultate corecte. În primul rând, clișeul pe care vrem să facem măsurători trebuie să fie bine dezvoltat și să nu prezinte vreun voal prea important, datorat fondului cerului. De asemenea, ghidajul trebuie să asigure formarea unor imagini de stele cât de cit circulare — nu cu aparențe de linii sau de pete neregulate, care să fie și bine focalizate. De aici și concluzia că nu vom obține rezultate corecte dacă vom măsura imagini care sînt afectate, nu numai de erori de ghidaj la fotografiere, dar și de aberații — sfericitate, coma etc. În fine, asigurați-vă un număr de stele de comparație — pentru stele variabile sau comete — cât mai mare posibil (cel puțin 4 sau 5), pentru a reduce și pe această cale erorile accidentale.

După cum ați văzut, utilizarea sistematică a instrumentului nu este complicată — aș putea spune că devine chiar pasionantă. Într-adevăr, să presupunem că am obținut un clișeu pe care figurează imaginea unei stele variabile, ca și acelea ale unor stele de comparație, de magnitudini (pentru acestea din urmă) fotografice cunoscute.

Să aducem, rînd pe rînd, imaginile tuturor acestor stele în dreptul perforației de măsuri, după cum am arătat ceva mai sus și să citim, de fiecare dată, indicațiile voltmetrului nostru. Este recomandabil să facem mai multe serii de măsuri și să calculăm mediile citirilor pentru fiecare stea, verificînd și poziția de zero a voltmetrului.

Cu aceste date, la care vom adăuga magnitudinile fotografice ale stelelor de comparație, formăm un tabel, pe care

Steaua	Ind. voltmetru	m_{ph}
1	21,6	5,65
2	23,2	5,87
3	25,8	6,13
4	26,7	6,20
5	27,3	6,65
6	30,2	6,90
variabilă	26,2	?

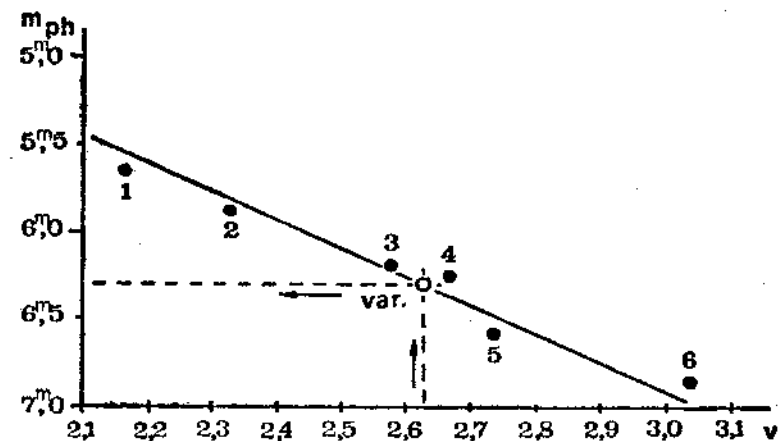
il vom traduce și într-un grafic : tabelul va arăta astfel (un exemplu de observație):

Facem acum graficul valorilor unde, în abscisă, vom înscrie indicațiile voltmetrului, iar în ordonată, magnitudinile fotografice ale stelelor de comparație (figura 5.8). Prin punctele obținute după reprezentarea valorilor din tabel, ducem o dreaptă (sau o curbă lină, după alura generală), care semnifică de fapt o funcție: dependența tensiunilor de magnitudinile fotografice ale stelelor.

O dată cu aceste determinări, am obținut o indicație a voltmetrului și pentru steaua variabilă, a cărei magnitudine urmează să o determinăm. Această valoare se află ușor din grafic: marcând pe axa x valoarea găsită pentru tensiune (26,2), ridicăm o perpendiculară din acest punct, pînă la dreapta deja trasată (sau curba noastră). Din punctul de intersecție, ducem o paralelă la axa x pînă la intersecția cu axa y : aici vom citi magnitudinea fotografică a variabilei în momentul fotografierii — 6,30, după cum se vede pe grafic.

Este evident faptul că acest procedeu este rapid și ne permite, pentru orice variabilă fotografiată, determinarea magnitudinii în momentul fotografierii — de fapt, scopul întregii lucrări. Dar putem trata această „reducere” (cum se numește operația) a observației și pur matematic, adică să calculăm magnitudinea variabilei respective, prin rezolvarea unui sistem de ecuații lineare (pentru curbe e ceva mai greu). Iată un astfel de calcul pentru exemplul de mai înainte.

Scriem un sistem de 6 ecuații (cîte stele de comparație avem) cu două necunoscute:



5.8 Grafic pentru determinarea magnitudinii unei stele variabile (exemplu)

$$x + 21,6 \quad y = 5,65$$

$$x + 23,2 \quad y = 5,87$$

$$x + 25,8 \quad y = 6,13$$

$$x + 26,7 \quad y = 6,20$$

$$x + 27,3 \quad y = 6,65$$

$$x + 30,2 \quad y = 6,90$$

$$\text{Suma: } 6x + 154,8 \quad y = 37,40$$

$$\text{Ecuația medie: } x + 25,8 \quad y = 6,26$$

De aici, metodele obișnuite (și bine cunoscute), ne duc la găsirea ecuației în y :

$$13,6 \quad y = 2,10; \quad y = \frac{2,10}{13,6} = 0,155$$

și de aici, prin ecuația medie, valoarea x_0 :

$$x_0 = 2^m, 23.$$

Acum putem, cu valorile x_0 și y , să găsim valoarea magnitudinii fotografice a variabilei, scriind ecuația caracteristică

$$x_0 + 26,2 y = m_{ph} (v)$$

$$m_{ph} = 2^m,23 + 26,2 \times 0,155 = 6^m,29.$$

Aceasta este metoda de observare fotografică a stelelor variabile — de fapt, modalitatea de tratare a materialului observațional, cu ajutorul unor instrumente care elimină subiectivul din observațiile vizuale. Ar trebui să adaug și faptul că, la nevoie, ne putem dispensa de valorile magnitudinilor stelelor de comparație, lucrând cu simple diferențe, de la o observație la alta, între variabila urmărită și stelele de comparație — aceleași în tot timpul observațiilor.

Tot cu ajutorul acestui densitometru ați putea face și măsuri fotometrice pe clișee planetare — dar cu prețul unei mici complicații. De exemplu, nu vă va fi prea greu să introduceți pentru deplasarea plăcii de citire un sistem de șurub gradat, care să vă permită măsurarea unor intervale de 3–5 mm cu precizie de 0,1 mm. Este suficient un șurub cu piuliță, având pasul de 1 mm și care să poarte la capătul său de acționare, un tambur divizat pe perimetru în 10 părți egale — deci o rotire a tamburului cu o diviziune, echivalează cu o deplasare a șurubului cu 0,1 mm.

În aceste condiții, luați un clișeu de planetă — de exemplu, Jupiter — pe care îl aranjați de așa manieră încât deplasarea sa prin dreptul spotului luminos să se facă de-a lungul meridianului central, adică perpendicular pe benzile noroase ale planetei.

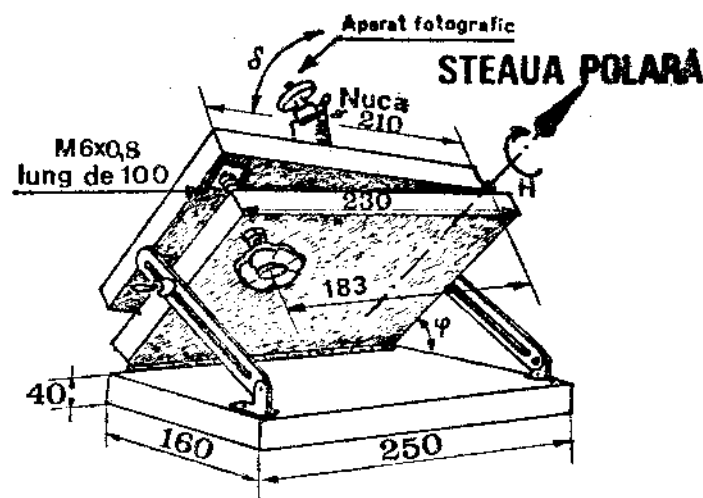
Acum începeți „traversarea” imaginii cu spotul, începând evident, în afara imaginii și pînă în partea opusă, tot în afara ei. Notați însă la fiecare zecime de milimetru indicația voltmetrului, și chiar la jumătăți de diviziune dacă este posibil (0,05 mm) : la un clișeu bun veți obține mereu valori diferite, odată cu înaintarea clișeului. Reprezentînd grafic punctele respective (pe axa x — diviziunile din 0,1 în 0,1 mm sau la fiecare 0,05 mm, după lecturi; pe axa y — tensiunile citite la voltmetru) și unind cu segmente de dreaptă aceste puncte, veți obține un profil fotometric al planetei, pe meridianul central observat.

Faceți asemenea determinări pentru imagini obținute la diferite date și, avînd grijă să reduceți observațiile la aceeași constantă de fond măsurată, veți vedea că curbele obținute nu coincid. Acest lucru este rezultatul intensității variabile a benzilor planetei — atît de la un meridian la altul, cît și pe același meridian (aceeași longitudine joviană), la epoci diferite. În aceste condiții puteți trage unele concluzii despre „activitatea planetei Jupiter” — nu numai Soarele are o activitate ! Nu uitați că telescopul de 200 mm diametru este perfect adecvat unor astfel de observații, cu condiția ca să fi fost corect realizat.

Ar fi cazul acum să încheiem acest capitol de construcții de laborator și, parțial, pentru observator care, sper, nu vă va pune prea multe probleme. Singurul aspect strict necesar : toată atenția în realizări ! Este vorba de aparate și utilaje destinate unor aplicații de mare, de foarte mare finețe (ați văzut, măsurăm micrometri și sutimi de magnitudine stelară). Or, fiabilitatea rezultatelor finale depinde integral de precizia aparaturii, a utilajului destinat prelungirii simțurilor și sensibilității noastre, față de elementele din natură. Nu ar fi păcat ca efortul de a obține o bună fotografie de cometă să fie anulat de măsuri fotometrice și de poziție eronate !?

Înainte de încheierea acestui capitol, vă propun și o montură ecuatorială portativă strict necesară, de pildă, astrografului deja descris. Veți merge, sînt sigur, în afara localității în care locuiți și chiar undeva în munți, pentru o fotografie stelară bună, neafectată de lumini parazite sau de ceața specifică orașelor. De asemenea, parcă vă văd lucrînd la planificarea executării atlasului stelar despre care am vorbit. Or, este de la sine înțeles că nu veți căra cu voi telescopul sau luneta principală, grea de zeci de kilograme ! De aceea, pentru a vă facilita realizarea scopurilor, vă propun aici o montură ecuatorială ușoară, lipsită de motor electric dar care, cu foarte bune rezultate, poate fi acționată manual. Veți putea așeza pe ea un aparat fotografic cu obiectiv normal, chiar cu teleobiectiv sau un astrograf mic, rezultatele justificînd pe deplin strădania construcției.

După cum s-a arătat anterior, principiul monturii ecuatoriale constă în dirijarea axului principal spre polul ceresc — axul devenind paralel cu axa de rotație a Pămîntului. Avem



5.9 Montură ecuatorială portativă.

nevoie deci de două axe — cea orară și cea de declinație —, axa orară trebuind să fie cea mai rigidă.

Examinînd figura 5.9 se poate vedea că am propus o montură poate curioasă, inspirată de unii amatori: totul se bazează pe rotirea unei... balamale, cît mai exact dirijată spre Steaua Polară. Pe nuca de tipul celor folosite pentru aparatele fotografice, fixată pe planșeta superioară, se montează un aparat foto. Rotind încet șurubul $M6 \times 0,8$, exact cu o tură pe minut, veți reuși să urmăriți mișcarea aparentă a cerului, fără altă complicație!

Faceți expuneri de cîteva minute sau zeci de minute, potrivit unor coordonate pe care le cunoașteți; la sfîrșitul expunerii, treburile sînt simple. Închideți obturatorul aparatului fotografic și numai după aceea încetați să rotiți tamburul. La dezvoltarea filmului, o adevărată „ploaie de stele” va apărea pe clișeu — în funcție de durata expunerii, de densitatea stelară și de sensibilitatea filmului; iar calitatea clișeului depinde tocmai de calitatea ghidajului — deci numai elemente care depind de voi. Dar după o utilizare sistematică a astrografului, veți obține o colecție de clișee

de mare efect și cu numeroase perspective de valoare științifică efectivă — stele variabile, poate vreo cometă nouă... Deocamdată vedeți ce vă este necesar și treceți la acțiune! Acum însă, chiar dacă cele spuse în acest capitol nu se încadrează exact în titlul cărții de față, nu uitați că astrofizica se face cu ajutorul instrumentelor: și cum știu că nu prea le aveți la dispoziție de la bun început, am căutat să vă dau posibilitatea unor dotări „în regie proprie”, spre a vă utila un mic, dar util observator astrofizic...

Capitolul VI

PRELUCRĂRI, SINTEZE SAU... CE FACEM CU OBSERVAȚIILE?

Am vorbit pînă acum de o mulțime de lucruri — de fotografie astronomică și de instrumente, de reglaje și de pregătirea, respectiv executarea unei hărți fotografice a cerului... Este momentul acum să vorbim despre o serie de observații dintre cele mai importante pe care le putem face, și cum să le prelucrăm, respectiv să le pregătim pentru prezentare. Mai ales prelucrarea este importantă: una este să faci observații și alta este să deduci elementele caracteristice, să elaborezi sintezele respective.

Deși s-a vorbit foarte mult despre observațiile solare pe care în prezent le fac foarte multe observatoare astronomice, încă și astăzi, astronomii amatori au aici un teren fertil pentru tot felul de lucrări.

Activitatea de pete a Soarelui este definită statistic prin două elemente: aria totală a petelor observate zilnic — ca unul dintre ele —, respectiv numărul relativ R (sau numărul Wolf — Wölfer), definit prin relația:

$$R = k(10g + p), \quad (6.1)$$

unde R este numărul relativ; k — constantă depinzînd de diametrul instrumentului utilizat și tipul de observații (proiecții sau direct la ocular); g — numărul de grupuri de pete observat; p — numărul total de pete cuprinse în aceste grupuri. De regulă, în observații se ia pentru constanta k valoarea 1 de așa manieră încît, în fiecare zi de observație valoarea R va fi:

$$R = 10g + p. \quad (6.2)$$

Prelucrarea statistică imediată comportă calcularea mediilor valorilor R pe luni și ani; în același timp, se calculează medii R și pe „ rotații solare”, adică pe intervalul

de timp în care, văzut de pe Pămînt, Soarele face o rotație completă în jurul axei proprii. Datele începutului fiecărei rotații solare le găsiți în *Anuarul astronomic* al Centrului de Astronomie și Științe Spatiale din București; de exemplu, în anul 1985, prima rotație care cuprinde o parte din luna ianuarie, începe la data de 28,28 decembrie 1984 — adică la 28 decembrie 1984, la orele 6 și 43 de minute, Timp Universal. Cum o rotație solară *sinodică* durează în medie 27,275 zile (27 de zile, 6 ore și 36 de minute), înseamnă că în fiecare an au loc ceva mai mult de 13 rotații solare sinodice.

O dată cu observarea cifică a activității solare zilnice, se stabilesc și clasele grupurilor de pete — tipurile lor —, potrivit unei clasificări unanim adoptate. Iată aici, clasificarea grupurilor de pete așa cum este ea definită astăzi,

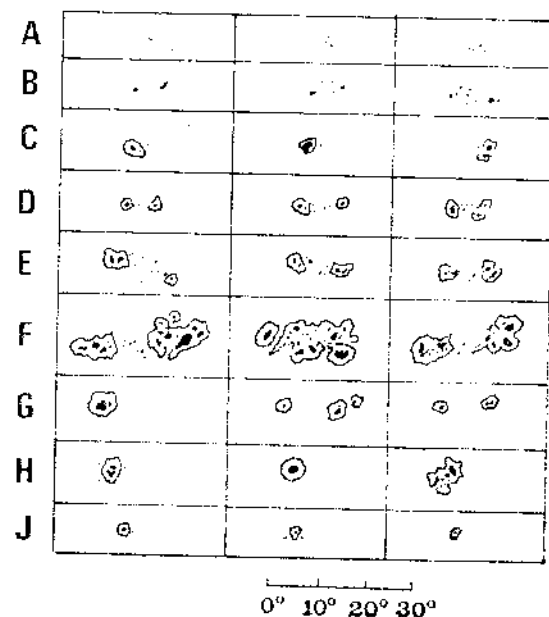
Tabelul 6.1

Clasificarea grupurilor de pete solare

Clasa	Descrierea aspectului general
A	Porizolat — fragment de penumbră sau nucleu fără penumbră — sau grup de pori.
B	Grup de pori cu structură bipolară (concentrați în două puncte principale situate cam pe același paralel de latitudine solară).
C	Grup cu structură bipolară: numai pata frontală sau cea co-dală este înconjurată de penumbră.
D	Grup de pete cu structură bipolară, petele extreme fiind înconjurate de penumbră. Lungimea grupului este mai mică de 10° de longitudine pe discul solar.
E	Grup complex cu structură bipolară, petele extreme avînd structuri multinucleare (mai multe nuclee în penumbră comună). Lungimea grupului este cuprinsă între 10° și 15° de longitudine pe discul solar.
F	Cele mai mari grupuri de pete solare: structuri bipolare sau complexe și lungimi de cel puțin 15° de longitudine solară.
G	Grup bipolar mare, fără pete intermediare; lungimea este de cel puțin 10° de longitudine solară.

Clasa	Descrierea aspectului general
H	Pată izolată, cu sau fără pete secundare în jur, avînd diametrul de cel puțin 2°,5 de longitudine.
J	Pată izolată, similară celor din clasa H, dar cu diametrul mai mic de 2°,5 de longitudine solară.

Iată deci descrierea aspectului diferitelor clase de grupuri de pete solare; la această descriere, adaug și imagini caracteristice, pe care le veți găsi în figura 6.1. În felul acesta,



6.1. Clasificarea grupurilor de pete solare.

puteți face observații sistematice, urmărind nu numai statistica cifrică propriu-zisă dar și evoluția diferitelor grupuri de pete — deci să faceți și o statistică a frecvenței diferitelor tipuri de grupuri.

În ce privește studiul morfologic al grupurilor de pete, ca și acela al mișcărilor proprii ale petelor de care se ocupă numeroase grupări specializate, lucrul cel mai important pentru acest gen de lucrări îl constituie orientarea clișeei sau a proiecțiilor — dacă lucrați prin proiecții pe ecran. Personal, am lucrat mult prin proiecții —, dar imaginea Soarelui pe ecran măsura între 450 și 550 mm diametru, pozițiile petelor fiind măsurate cu erori mai mici de 0,3 mm. De aceea, mai ales că documentul fotografic înregistrează toate petele vizibile la un moment dat, am trecut și eu la astfel de studii pe bază de clișee. În acest caz este important să se obțină două imagini secante ale Soarelui, cu ajutorul unui instrument ecuatorial bine reglat ca poziție, pentru a nu introduce complicații. „Solaristii” vor putea utiliza cu succes și instrumente mai mici, dar montate tot pe monturi ecuatoriale — de pildă, pe montura descrisă în finalul capitolului precedent. Aceste imagini trebuie să aibă un minim de 12—15 mm diametru; de asemenea, chiar dacă expunerile sînt incorecte, un al treilea clișeu va fi executat pentru obținerea unor imagini corespunzătoare.

Obținerea clișeei, însoțită de notarea orei cu o eroare de cel mult un minut în plus sau în minus reprezintă prima operație. În continuare putem proceda în două moduri și anume, fie să măsurăm coordonatele rectangulare ale unei pete mai interesante direct pe clișeu, cu ajutorul mașinii noastre de măsurat clișee, fie să facem o proiecție la scară mare (peste 300 mm diametru) a clișeului și să măsurăm aici, pe hîrtie, pozițiile petelor care ne interesează, cu o precizie de $\pm 0,25$ mm. Dar cum definim sistemul de axe de coordonate?

Clișeele secante fiind obținute pe un ecuatorial, coarda lor comună este precis dirijată pe direcția nord-sud; deci, vom trasa conturul uneia dintre imaginile Soarelui și vom marca pe acest contur punctele de intersecție cu cea de a doua imagine. Simultan, fără a mișca desenul, vom puncta aici și imaginile petelor care ne interesează sau măcar unele care sînt vizibile. Acum vom apela la imaginea mai bună, singulară: cu cea mai mare atenție, vom suprapune pe desen proiecția acestei imagini, făcînd să coincidă nu numai conturul discului solar, dar și imaginile celor citorva pete pe

care le-am marcat mai înainte. În acest mod vom putea marca foarte precis pozițiile petelor pe care vrem să le măsurăm.

Atenție la obținerea clișeelor ! Procedul este următorul : Facem mai întâi o primă expunere ; după aceea, fără a deranja cumva aparatul, așteptăm -- cu eventuala orologerie oprită -- timp de 60--90 s, după care facem o nouă expunere, pe același clișeu. Astfel vom obține cele două clișee secante. Trebuie însă să apelăm la un alt sistem de obturare decât cel al aparatului fotografic obișnuit -- acesta, după cum știți, nu permite o dublă expunere ! Oricum, să fiți foarte atenți ca să nu clintiți nici cu un fir de păr instalația între cele două expuneri !

De aici, sistemul de coordonate este ușor de definit : axa ordonatelor va fi reprezentată de axa nord-sud, dată de cele două puncte ale secantei comune a celor două imagini. Vom trasa deci această axă, prin centrul imaginii de măsurat, riguros paralelă la secanta comună. Iar axa absciselor va fi constituită de o perpendiculară pe prima axă, trasată cu atenție, tot prin centrul imaginii.

În baza acestui sistem de coordonate rectangulare, să măsurăm valorile coordonatelor x și y ale petei (sau petelor) ce ne interesează. Mai departe, folosind datele publicate în *Anuarul astronomic*, la capitolul „Efemerida pentru observații fizice ale Soarelui”, vom interpola pentru momentul observației, valorile P , B_0 și L_0 , care definesc, potrivit explicațiilor date în anuar, poziția axei de rotație a Soarelui și coordonatele heliografice ale centrului discului solar (longitudine și latitudine heliografică). Iar de aici, cu ajutorul acestor elemente, vom calcula coordonatele heliografice precise ale fiecărei pete, prin formule ale trigonometriei sferice :

$$\sin b = \sin B_0 \cos \vartheta + \cos B_0 \sin \vartheta \cos (\psi + P) \quad (6.3)$$

unde b este latitudinea heliografică căutată a petei și :

$$\sin L' = - \frac{\sin \vartheta \sin (\psi + P)}{\cos b}, \quad (6.4)$$

unde L' este longitudinea heliografică a petei, măsurată în raport cu meridianul central al discului solar ; evident,

longitudinea reală L va fi egală cu

$$L = L' + L_0. \quad (6.5)$$

Aici se impun câteva precizări. Astfel dacă r este raza imaginii discului solar pe care am măsurat coordonatele rectangulare, unghiul ϑ este definit prin :

$$\sin \vartheta = \sqrt{\frac{x^2 + y^2}{r^2}}. \quad (6.6)$$

Iar unghiul auxiliar ψ , prin :

$$\operatorname{tg} \psi = \left| \frac{x}{y} \right| \quad (6.7)$$

Cît privește unghiul $(\psi + P)$, el este definit prin pozițiile petelor pe cadrane solare astfel :

Cadrantul	$(\psi + P)$	x	y
NE	$\psi - P$	>0	<0
SE	$180^\circ - \psi - P$	>0	>0
SV	$180^\circ + \psi - P$	<0	>0
NV	$360^\circ - \psi - P$	<0	<0

unghiul P fiind luat cu valoarea sa algebrică -- pozitiv sau negativ, după caz.

Iată un exemplu: pentru o pată observată la data de 11 noiembrie 1980, în interiorul unui mare grup de pete, am avut ca date preliminare următoarele valori :

$$\begin{aligned} x &= -1,666 \text{ mm}; & y &= -2,168 \text{ mm}; & r &= 9,355 \text{ mm} \\ P &= +22^\circ 32' & B_0 &= +3^\circ 20' & L_0 &= 100^\circ 91' \\ & & & & & \text{(orele } 10^h 09^m \text{ TU)} \end{aligned}$$

Prin aplicarea formulelor (6.3--6.7) am găsit :

$$\begin{aligned} \vartheta &= 16^\circ 59' 58'' & \psi &= 37^\circ 32' 26'' & b &= -19^\circ 34' & L' &= -4^\circ 40' \\ & & & & & & L &= 96^\circ 14'. \end{aligned}$$

Făcînd măsurători de acest gen asupra uneia și aceleiași pete, timp de mai multe zile, veți observa că valorile b

vor prezenta variații foarte mici, în timp ce L' prezintă variații de circa $13^{\circ}2/24^h$, ca urmare a rotației Soarelui. Veți observa însă că valorile L prezintă și ele variații sistematice; iar dacă măsurătorile au fost bine făcute, veți remarca faptul că aceste variații pot fi reprezentate printr-o formulă de forma:

$$L = L_0 - a \sin^2 b, \quad (6.8)$$

unde $L_0 = 14^{\circ}38/24^h$ în rotație siderală la ecuatorul solar — respectiv $13^{\circ}39$ în rotație sinodică. Cît privește valoarea coeficientului a , aceasta este de $2^{\circ}7$; puteți verifica acest lucru pentru pete situate pe diferite latitudini heliografice b , tot așa de bine cum puteți găsi și alte valori, ca urmare a mișcărilor proprii ale petelor, față un teren de observații unde sînt multe de făcut.

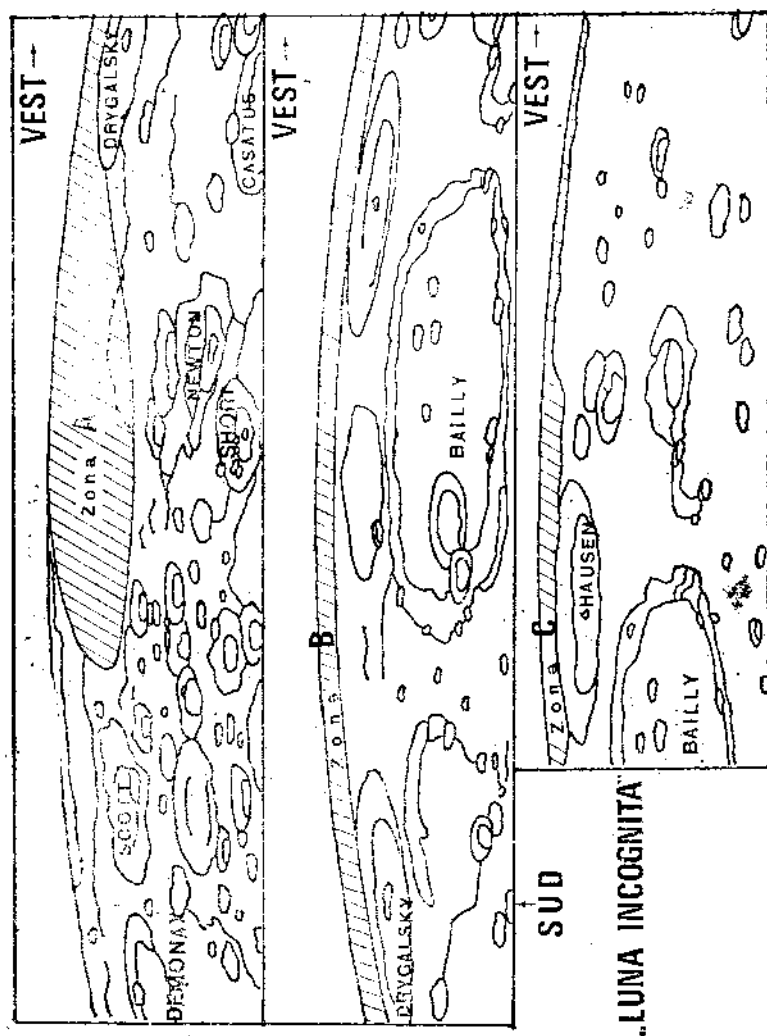
În același mod, puteți studia mișcările unor pete care se află în interiorul unor grupuri mai mari și unde, nu o dată au fost observate detalii avînd mișcări foarte rapide — de peste 0,5 km pe secundă. Dar fiți foarte atenți în obținerea materialelor observaționale, ca și la măsurile preliminare — în special la orientarea clișeele, respectiv la aprecierea fracțiunilor de milimetru la măsuri.

Cele pe care vi le-am spus mai înainte cu privire la statistica activității solare sînt suficiente din acest punct de vedere. Dar, față de cele referitoare la clasificarea grupurilor de pete solare sînt necesare cîteva precizări. Într-adevăr, fie pe care fotografică (mai ales I), fie prin desene cît mai precis executate, puteți urmări evoluția diferitelor grupuri de pete — atît trecerea de la o clasă la alta, cît mai ales modificările datorate apariției și dispariției nucleelor, mișcărilor acestora în interiorul grupurilor etc. Asemenea subiecte de observație nu sînt — să zic așa — înscrise aici numai pentru a face ceva mai deosebit, ci pentru simplul motiv că unele observatoare astronomice solicită astfel de observații, pentru a le corobora cu cele efectuate prin alte metode — cu ajutorul instrumentelor care lucrează cu o singură radiație solară, cu ajutorul agregatelor cosmice etc.

Trecînd acum la un alt domeniu, s-a constatat că interesul pentru observarea Lunii a scăzut considerabil de cînd nu numai navele cosmice automate, dar și o serie de echi-

paje umane au coborît pe suprafața satelitului nostru natural. Evident, nimeni nu vă împiedică să fotografiați sistematic detaliile reliefului selenar sau să desenați unele formații de relief care vi se par mai interesante. Un exemplu: cu clișeele pe care le-am executat de-a lungul a peste 17 ani, am alcătuit un atlas fotografic al Lunii — bine înțeles, al detaliilor aflate pe emisfera observabilă de pe Pămînt — care îmi este de o mare utilitate. Ceea ce mai prezintă încă interes, sînt observațiile de ocultații de stele și planete, ca și cele referitoare la coloratura Lunii în timpul eclipselor suferite de satelitul natural al planetei noastre, respectiv determinarea momentelor contactelor umbrei terestre cu unele formații ale reliefului selenar. Pentru astfel de observații va trebui să dispunem de un ceas precis, cu mersul controlat exact, la zecimi de secundă. De asemenea, se mai urmăresc astăzi așa-numitele fenomene tranzitorii — străluciri sau umbre cu caracter pasager care nu sînt provocate de iluminarea normală de la Soare ci au alte cauze: eventuale erupții sau emanații de gaze, acțiuni particulare ale radiației solare etc. În fine, mai există unele regiuni în vecinătatea polilor Lunii care continuă să fie urmărite — fotografiate, desenate — ca urmare a faptului că nici pînă în prezent (1985) nu sînt încă precis cartografiate. Observarea acestor regiuni este cuprinsă într-un program al „Asociației Observatorilor de Lună și Planete din S.U.A.”, sub numele de „Luna Incognită”; prin acest program se urmărește o cartografiere cît mai precisă a acestor regiuni; în figura 6.2 se dau schemele unora dintre aceste zone.

Nu de mult, aceeași asociație a inițiat un nou program de observații, sub numele de „Arii selenare selecționate”. În cadrul acestui program, pentru un studiu sistematic au fost selecționate zonele craterelor: Atlas, Copernic, Platon, Theophil și Tycho. Ceea ce trebuie urmărit în cadrul acestui program sînt o serie de elemente referitoare la fenomene care pot avea loc în zonele respective. Astfel, în primul rînd, ar trebui să urmăriți cu atenție structurile generale ale craterelor respective, prin desene, ca și prin fotografii sistematice, pentru a putea detecta eventuale modificări de amănunte. Evident, lucrul acesta va putea fi determinat numai la centralizarea observațiilor, ca urmare a faptului că cele mai multe modificări nu vor fi reale: ele se vor dato-



6
2. Zonele programului „Luna Incognita”

ra iluminării mereu variate a reliefului de către Soare, poziției continuu variabile a zonelor față de o direcție precisă a acestora în raport cu observatorii de pe Pământ etc. Cu toate acestea, programul arată că ar fi posibilă apariția, de exemplu, a unor anomalii ale umbrelor — tonuri mai deschise, alte culori decât negrul obișnuit al acestora etc. Multe dintre ele ar putea fi efecte de difuzie a luminii solare; dar nu este exclus ca unele să fie provocate de emanații de gaze din solul selenar, de efecte de luminiscență provocate de radiația corpusculară a Soarelui sau alte fenomene, care urmează să fie depistate.

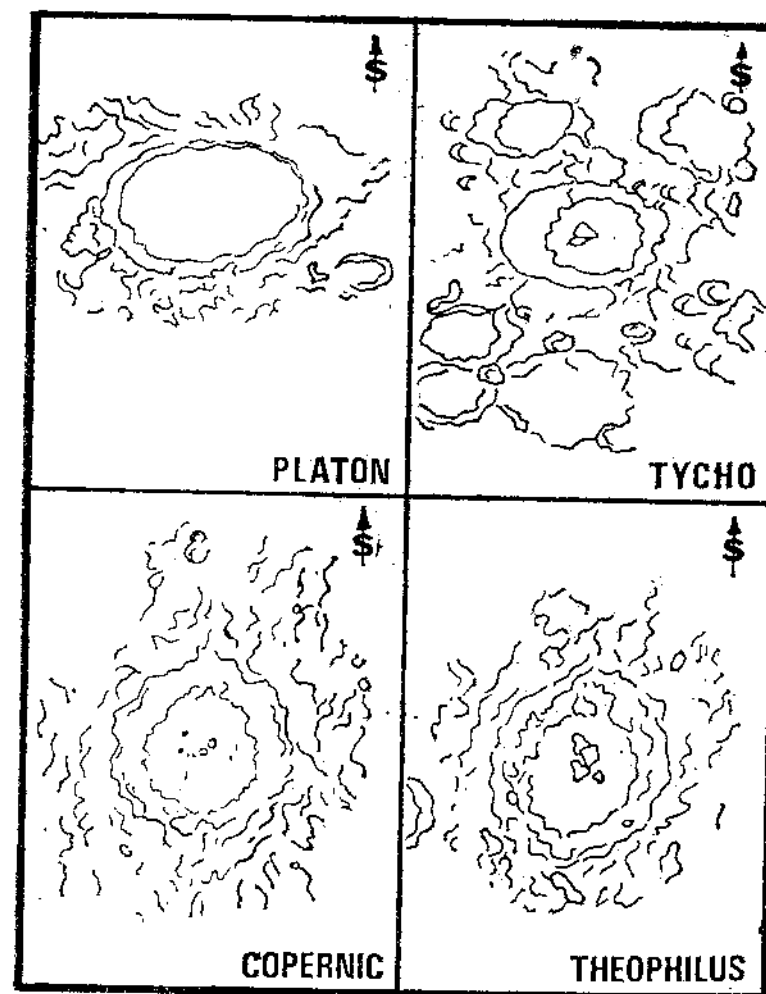
Un alt element care este propus spre urmărire se referă tot la fenomene luminoase. Este vorba de aspectul regiunilor recomandate, înainte, în timpul și după eclipsele de Lună. În aceste perioade pot apărea modificări destul de importante din punct de vedere fotometric, ca urmare a faptului că, supuse unei iluminări și încălziri puternice înainte de o eclipsă, trecerea la temperatura extrem de scăzută a spațiului interplanetar este foarte rapidă; de aici, posibilitatea producerii unor fenomene destul de puțin studiate. Și este de la sine înțeles faptul că supravegherea zonelor respective este recomandată și după eclipse, pentru a vedea ce anume se petrece în zonele respective care revin cu mare rapiditate, în bătaia violentă a radiației solare — electromagnetice și corpusculare. Și tot din acest punct de vedere este recomandată urmărirea pe intervale de timp cât mai lungi — de ordinul a cel puțin 5 până la 6 luni — a variațiilor lente de intensitate luminoasă și de culori care pot să aibă loc în zonele indicate.

Secția „Luna” a „Asociației Observatorilor de Lună și Planete” (ALPO) primește în cadrul acestui program, rezultate observaționale provenite de la numeroși observatori situați în diferite puncte pe glob. În aceste condiții, s-a pus problema uniformizării lucrărilor, în scopul facilitării comparațiilor și a deducerii elementelor reale. O primă recomandare din acest punct de vedere este aceea ca observatorii să nu abordeze pentru studiu decât una sau cel mult două zone — mai ales dacă timpul ce îl pot consacra observațiilor este limitat din motive profesionale sau de altă natură. Iar cea de a doua recomandare se referă la unitatea materialelor observaționale: este vorba de necesitatea păs-

trării uneia și aceleiași scări pentru desenarea sau copierea pe hîrtie a fotografiilor, adică materialele să aibă aceleași dimensiuni, cînd se referă la unul și același crater. În acest scop, fără să coincidă cu scara aleasă de cei ce dirijează programul, vă dau aici cîteva gabarite, pe care vă recomand cu insistență, să le măriți — față de dimensiunile de aici la un diametru al craterelor de 80 mm — nici mai mult, nici mai puțin (fig. 6.3).

Multă atenție trebuie acordată notării orelor — exprimate în Timp Universal (TU), ca și la calcularea colongitudinilor și latitudinilor heliografice. Colongitudinea reprezintă meridianul selenar de-a lungul căruia răsare sau apune Soarele la momentul observației, adică linia care separă zona luminată de Soare de cea neluminată; iar latitudinea heliografică reprezintă paralelul de latitudine selenară care — într-un punct al său — are Soarele la zenit. Va trebui să calculați aceste două valori pentru momentul observației voastre — ora precisă a fotografiei, dacă lucrați prin acest procedeu, sau ora executării schiței desenului, pe care veți marca detaliile fine observate. Valorile colongitudinii și ale latitudinii Soarelui le veți găsi, pentru fiecare zi la orele 0^h TU în *Anuarul astronomic* publicat la București; voi veți face interpolări lineare ale acestor valori, pentru momentele indicate. Aceste elemente le veți găsi în anuar, imediat după datele referitoare la Lună (coordonate ecuatoriale, ore de răsărit și apus etc.), sub numele de „Coordonatele selenografice ale Soarelui” și anume, colongitudinea este indicată prin $90^\circ - l_0$ iar latitudinea selenografică a Soarelui, prin simbolul b_0 . De menționat faptul că precizia de calcul trebuie să fie de $0^\circ,01$ — deci momentele observațiilor le veți indica cu precizie de minut.

În raport cu condițiile de astroclimat, trebuie specificat gradul de turbulență atmosferică și anume, cu 0 se va desemna o turbulență care mai permite observarea detaliilor de ordinul a $2''-3''$, iar cu 10, turbulența complet nulă — caz de altfel care nu se realizează niciodată. Cît privește transparența cerului, ea va fi precizată prin indicarea magnitudinii, la zecime, a stelei celei mai palide observabile în zona Lunii sau la zenit, dacă cerul este complet senin; evident, veți face aceste determinări în timpul observațiilor,



6.3 Cratele din programul „Arii selenare selecționate”.

indicînd și faptul că aceste condiții au fost constante sau s-au modificat pe parcursul observațiilor — în special cînd faceți desene.

Utilizați, potrivit recomandărilor, același instrument și aceeași putere măritoare la toate observațiile efectuate asupra unei regiuni, pentru a putea standardiza — ca să spun așa — condițiile instrumentale ale observațiilor. Iar ca încheiere la aceste condiții, nu uitați să orientați desenele — nordul în jos (în cimpul instrumentelor) astronomice obișnuite) și estul la stînga, potrivit orientării Lunii, stabilite în urmă cu cîțiva ani de către Uniunea Astronomică Internațională.

O problemă care s-a ivit a fost aceea a unificării datelor fotometrice. Soluția la care s-a ajuns a fost aceea a coterării cifrate — la fel ca în cazul observațiilor planetare. Dar, tot cu scopul creării posibilității de standardizare a rezultatelor, a fost adoptată o adevărată scală fotometrică, pe baza observațiilor efectuate în urmă cu mai multe decenii de către un cunoscut selenolog englez (J. Elger). Vă dau aici această scală fotometrică: deși este destul de simplă, scala presupune o bună cunoaștere a topografiei selenare de către observatori, pentru a putea recunoaște exemplele date și a putea astfel face compararea detaliilor observate, cu cele indicate de scală.

Tabelul 6.2

Scala Elger de albedo-uri selenare

Valoare cifrică	Detalii selenare pentru exemplificare
0,0	Umbrele normale ale reliefului
1,0	Zonele cele mai întunecate din craterele Grimaldi și Riccioli
1,5	Interiorul craterelor Billy, Boscovich și Zupus
2,0	Fundul craterelor Endymion, Le Moumier, Julius Caesar, Cruger și Fourier
2,5	Interiorul craterelor Auzout, Vitruvius, Pitatus, Hippalus și Marius
3,0	Interiorul craterelor Taruntius, Plinius, Theophilus, Parrot, Flamsteed și Mercator
3,5	Interiorul craterelor Hansen, Arhimedes și Mersinius
4,0	Interiorul craterelor Manilius, Ptolemaeus și Guericke

Tabelul 6.2 (continuare)

Valoare cifrică	Detalii selenare pentru exemplificare
4,5	Terenul din imediata vecinătate a craterelor Aristillus și terenu din Sinus Medii (Golful Central)
5,0	Pereții craterelor Arago, Landsberg și Bullialdus; terenu din imediata vecinătate a craterelor Kepler și Aristarchus
5,5	Pereții craterelor Picard și Timocharis; razele luminoase din jurul craterului Copernic
6,0	Pereții craterelor Macrobius, Kant, Bessel, Mösting și Flamsteed
6,5	Pereții craterelor Langrenus, Thaletus și La Hire
7,0	Craterele Theon, Ariadens, Bode B, Kepler și Wichmann
7,5	Craterele Ukert, Hortensius și Euclides
8,0	Pereții craterelor Godin, Bode și Copernic
8,5	Pereții craterelor Proclus, Bode A și Hipparchus C
9,0	Craterele Censorinus, Dionysius, Mösting A și Mersenius B și C
9,5	Interiorul craterelor Aristarchus și La Peyrouse
10,0	Vîrfurile centrale ale craterului Aristarchus

Efectuarea observațiilor presupune instrumente de bună calitate și în acest scop, dacă este bine realizat, telescopul vostru de 200 mm corespunde; de asemenea, mai trebuie respectate unele principii care, în bună parte, vă sînt cunoscute. Astfel, trebuie să evitați observațiile atunci cînd Luna se află la mai puțin de 25° înălțime deasupra orizontului, ca să nu fiți influențați prea mult de turbulența și ceturile inerente apropierei față de orizont. De asemenea, nu uitați ca în timpul acestor observații să faceți comparații fotometrice — tocmai în acest scop v-am dat și scala Elger —, fără de care nu veți reuși să dați rezultate complete; și să mai spun oare că va trebui să asigurați o stare corespunzătoare instrumentelor din punct de vedere tehnic (centrare, acuratețe a suprafețelor optice), pentru a evita surprizele observării unor detalii inexistente?

Trecînd la problema privind coloratura Lunii în timpul eclipselor, vă propun ca înaintea unui asemenea fenomen

să vă pregătiți mai multe hărți schematice ale Lunii, cu diametrul de 50—60 mm, pe care veți nota la diferite intervale de timp în timpul fenomenului (cam la 10 minute), culorile observate. După aceea, făcând diagrama geometrică a eclipsei (veți găsi metoda mai departe), sintetizați pe diagramă culorile observate — în fond, coloratura secțiunii conului de umbră al Pământului la distanța Lunii. Misiunea este mult mai ușoară dacă fotografiați eclipsa pe peliculă color, potrivit procedurilor obișnuite a astronomiei și anume, luând în considerare luminozitatea, adică raportul F/D și sensibilitatea filmului; în astfel de cazuri faceți doar fotografie focală, nu cu amplificare, în afară de cazul de care ne-am ocupat mai de mult în aceste pagini — când nu dispuneți decât de un binoclu și un aparat fotografic.

Vă redau pentru aceste observații, o astfel de hartă schematică unde am marcat și unele puncte ale căror contacte cu umbra Pământului prezintă interes, ca momente — notate cu o precizie cât mai mare (6—10 s).

Nu pot încheia aceste considerații privind observarea eclipselor de Lună, fără să adaug un element care trebuie urmărit cu atenție: este vorba de luminozitatea Lunii în timpul eclipselor totale.

Încă de prin anii '20, astronomul francez André Danjon a arătat că există o remarcabilă legătură între faza ciclului de activitate solară și intensitatea umbrei terestre, respectiv luminozitatea Lunii în timpul eclipselor totale. Această este mult redusă în perioadele de minim ale activității Soarelui — ceea ce înseamnă că Luna eclipsată poate deveni, practic, invizibilă; un exemplu recent pe care toți observatorii l-au remarcat, a fost întunecarea excesivă a umbrei terestre cu ocazia eclipsei totale de Lună de la 6 august 1971, când astrul nopții a dispărut cu totul în umbră. În schimb, eclipsele din perioada 1978—1982 au fost extrem de luminoase și bogate în coloratură.

Astronomul francez a stabilit și o scală pentru calificarea eclipselor de Lună din acest punct de vedere și care trebuie utilizată în observații; iată în ce constă ea.

Eclipse 0: eclipse foarte întunecoase. În jurul mijlocului fazei totale, Luna este invizibilă sau foarte greu vizibilă.

Eclipse 1: eclipse întunecoase. Luna, destul de greu observabilă spre mijlocul fazei totale, are o culoare cenușie-închisă sau brună. Pe discul Lunii nu se disting nici un fel de detalii.

Eclipse 2: eclipse roșii închise sau brun-roșcate. În aceleași momente ca mai înainte, Luna este roșie închisă, astrul fiind mai ușor vizibil la începutul și sfârșitul totalității.

Eclipse 3: eclipse roșii-cărămizii. Marginea umbrei terestre este mai deschisă și are o bordură cenușie sau chiar galbenă.

Eclipse 4: eclipse arămii sau portocalii. Umbra este foarte luminoasă, având o varietate de tonuri arămii sau portocalii, în timp ce marginea umbrei — și mai luminoasă decât zona interioară —, poate prezenta o culoare albastră.

Ca o concluzie a celor spuse, nu uitați ca la eclipsele parțiale de Lună (care depășesc la faza maximă 70—75% din discul Lunii), ca și, mai ales, la eclipsele totale suferite de satelitul nostru natural, să stabiliți, pe baza scării Danjon, clasa eclipsei.

Dacă despre observațiile astrofizice asupra Lunii care mai pot fi efectuate cu ajutorul instrumentelor obișnuite nu prea sînt — după cum vedeți — prea multe de spus, în cazul observațiilor planetare sînt încă atîtea de făcut, atîtea observații sistematice, că nici lucrînd exclusiv într-un observator, nu le poți împlini pe toate. Sigur, chiar puținele lucruri spuse despre Lună, pot forma un întreg și complex program de observații; dar la planete — și mă refer la cele mai ușor accesibile, nu la Uranus, Neptun și Pluton —, v-aș propune să nu vă apucați de toate observațiile posibile și să vă alegeți unele domenii limitate, în raport cu cerințele pentru fiecare planetă în parte. În fond, mai puțină activitate vă cere, de exemplu, observația propriu-zisă, decât prelucrarea materialului observațional care, mai ales dacă este obținut cu un telescop de 150—200 mm diametru, trebuie întors pe toate părțile, pentru a fi complet exploatat.

Este foarte adevărat că sondele spațiale au adus un uriaș volum de informații, chiar despre planetele mai în-

depărtate — Saturn, Uranus — și că așteptăm date despre Neptun. Cu toate acestea însă, nu uitați că prezența sondelor spațiale acolo este efemeră (încă !) și că chiar în condițiile unei prezențe îndelungate, este necesară coroborarea observațiilor de detaliu efectuate acolo, cu cele de ansamblu, executate de aici, practic, în permanentă. În plus, observațiile efectuate de pe Pământ pot surprinde fenomenele ce au loc pe o întreagă emisferă — în timp ce de la mică distanță, aria observabilă simultan este cu mult mai redusă. Fără îndoială că o sondă spațială „vede” detalii mult mai fine decât cele observabile de aici —, dar acestea se referă uneori la zone limitate la numai câteva sute sau câteva mii de kilometri pătrați.

Astfel știind lucrurile, se apreciază că încă multă vreme, observațiile telescopice efectuate de la nivelul solului, vor avea o importanță deosebită în cunoașterea proceselor caracteristice planetelor sistemului nostru solar...

În aceste condiții, să vedem, în esență, ce trebuie și cum trebuie să observăm principalele planete ale sistemului solar care ne sînt accesibile.

Practic, observarea planetei Mercur nu poate aduce nimic nou față de ceea ce știm. În afară de câteva pete mai întunecate, destul de vagi, observabile atunci cînd planeta este situată la distanțe unghiulare mai mari față de Soare, nu avem ce urmări. Cu toate acestea, în măsura posibilităților, nu neglijați observarea „vestitorului zeilor” —, cum era considerat zeul Mercur în antichitate: ați putea surprinde unele fenomene aparte ca, de exemplu, dispariția temporară a unora dintre petele întunecate, ca urmare a vreunei furtuni de praf produse acolo. Un astfel de fenomen se traduce prin dispariția unei pete întunecate cu caracter permanent și înlocuirea ei de către o pată strălucitoare, cu durată limitată. Ar fi extrem de bine dacă o asemenea formație cu caracter temporar ați putea-o urmări mai multe zile la rînd: din păcate însă, perioadele favorabile observațiilor sînt destul de scurte și numai în cazuri cu totul excepționale depășesc 10—12 zile la intervale de 3—4 luni. De asemenea, pentru a nu fi stînjiți de turbulența și cețurile inerente orizontului, observațiile asupra acestei planete se fac, în preajma elongațiilor, în plină zi, atașînd la ocularul instrumentului un filtru roșu spre a mări con-

trastul imaginii. Dar cum putem găsi planeta pe cerul atît de luminos al zilei? Relativ ușor — metoda este perfect aplicabilă și pentru planeta Venus, ca și pentru unele stele mai strălucitoare. Anume, din datele publicate în anuarele astronomice, calculăm coordonatele ecuatoriale ale planetei și ale Soarelui pentru ora și ziua observației noastre și apoi calculăm diferențele de ascensie dreaptă și declinație ale celor doi astri. Știînd că diferența de ascensie dreaptă este egală cu diferența unghiurilor orare (dar cu semn schimbat), vom dirija telescopul spre Soare și vom citi cît mai precis pe cercurile de poziție ale telescopului, unghiul orar și declinația. Valorile găsite le vom însuma, algebric cu diferențele calculate — unghi orar și declinație — obținînd astfel valorile pe care trebuie să le citim pe cercurile de poziție ale instrumentului nostru, pentru ca acesta să fie dirijat spre corpul ceresc căutat. Dacă montura telescopului este bine orientată, astrul se va găsi măcar în câmpul căutătorului sau, în lipsă, în câmpul telescopului, utilizînd un ocular mai slab pentru căutare. Personal, l-am observat pe Mercur de peste 200 de ori — dar nu știu dacă l-am văzut cu instrumentele mai mult de 10—15 ori spre orizont în zori, sau în faptul serii: aproape totdeauna l-am observat în plină zi. Numai orientarea monturii și citirile cît mai precise pe cercurile de poziție sînt cele care vă asigură căutarea cu rezultate pozitive: și numai un cerc piclos sau o prea mare apropiere unghiulară față de Soare a planetei Mercur poate face ca această căutare să se soldeze cu eșec. În orice caz, cînd ați reușit să găsiți planeta, observați-o cu mare atenție, desenați-o și notați orice detaliu, indiferent că vi se pare mai interesant sau lipsit de importanță: în observațiile planetare, nimic nu trebuie neglijat...

Învelișul atît de gros, de uniform și de opac al norilor care înconjoară planeta Venus în permanentă este — după cum știm de multă vreme —, un obstacol de netrecut pentru observarea directă, vizuală, a detaliilor solului acestei strălucitoare planete. Numai fotografierea prin intermediul filtrelor furnizează rezultate mai interesante. Într-adevăr, căutați să fotografiați planeta în preajma elongațiilor maxime și, mai cu seamă, în preajma conjuncției inferioare, cu filtre roșii, albastre și violete — chiar și pentru ultraviolet:

faptul că la telescoape avem de-a face cu reflexia luminii, face ca să nu avem absorbția ultravioletului ca la lunete (unde aceste radiații sînt oprite în sticla obiectivelor); în plus, mai avem și avantajul că punerea la punct a imaginii nu este afectată în cazul utilizării unor radiații de diferite lungimi de undă, ci ea este exact aceeași, pentru toate radiațiile. Revenind însă la ideea noastră, trebuie să vă spun că fotografia cu ajutorul radiațiilor roșii pune în evidență contururile planetei — deci și a terminatorului — și astfel putem obține imagini mult mai clare ale coarnelor, în vecinătatea conjuncției inferioare; iar în cazul utilizării filtrelor violete, și, mai ales, ultraviolete, avem posibilitatea obținerii pe clișee a unor detalii întunecate ale marilor sisteme noroase și, în acest fel, să observăm deplasarea acestora ca urmare a rotației axiale a *norilor*, care durează 3.995 zile (față de rotația planetei, care durează 243 de zile terestre). Rotația norilor, total diferită de cea a planetei, după cum vedeți, a fost descoperită de doi astronomi amatori francezi: este vorba de durata de rotație a atmosferei planetei. Ei au efectuat, independent, fotografii ale planetei Venus cu ajutorul radiațiilor ultraviolete, prin intermediul unor telescoape de 26 cm diametru, descoperind fenomenul de care vorbim. Sondele spațiale au confirmat această descoperire — deci un motiv în plus pentru voi, cei ce veți opta pentru observațiile planetare, să vă ocupați și de Luceafărul nostru de seară sau de dimineață.

Ajungem cu acestea la planeta Marte — planetă atît de discutată și subiect de acerbe controverse, pînă la aterizarea acolo a sondelor spațiale. Știm acum precis care sînt fenomenele care au loc pe planeta vecină, dar încă mai sînt o serie întreagă de aspecte care trebuie clarificate. De aici și interesul permanent manifestat față de această planetă, cu ocazia fiecărei perioade favorabile observațiilor. Și nu uitați faptul că în anii 1986 și 1988, planeta se va prezenta în condiții deosebit de favorabile pentru observații, așa cum se petrec lucrurile numai la cîte 15—17 ani odată. Dar ce trebuie urmărit?

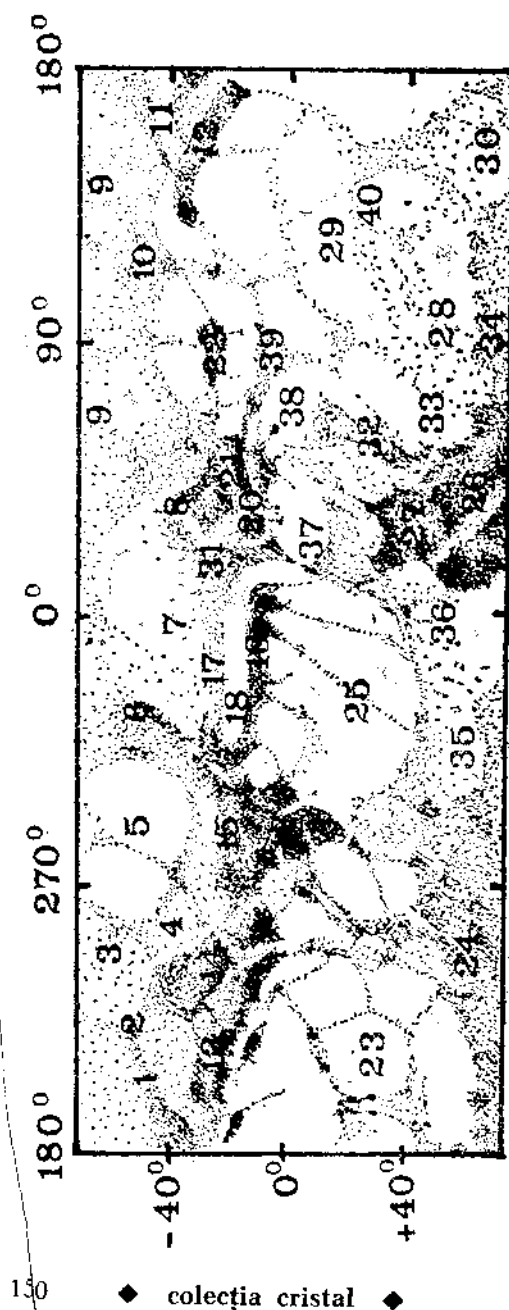
În primul rînd, pe baza desencilor cît mai precise, urmăriți evoluția calotei polare a planetei — nordice sau sudice, după vizibilitate —, precum și orice fenomene legate de aceste formații. Pe desene veți măsura axa mare a calotei, deter-

minînd astfel latitudinea limitei calotei și modificarea acesteia în timp sau, eventual, diametrul unghiular al calotei cu modificarea sa în timp. Veți vedea cum de la o săptămîină la alta, acest diametru se schimbă și veți putea elabora graficul acestor variații.

În cazul observațiilor efectuate asupra planetei Marte veți putea face desene cotate, adică purtînd indicații cifrice cu privire la intensitatea fotometrică a diferitelor detalii vizibile. În același timp, este foarte bine dacă, în cadrul aceleiași ședințe de observații, puteți face mai multe desene consecutive, cu ajutorul diferitelor filtre colorate. Astfel, filtrele roșii și portocalii facilitează observarea detaliilor solului; cele galbene scot în evidență norii galbeni de pulberi, iar cele albastre și violete fac observabili norii albaștri și așa-numita „pătură violetă” — un fel de ceață aflată în atmosfera superioară a planetei și care numai în mod cu totul excepțional lipsește, permițînd observarea detaliilor solului prin filtre violete.

Un subiect deosebit de interesant și important în același timp, îl constituie formarea și evoluția — inclusiv deplasarea — norilor galbeni, care acoperă temporar diferitele detalii ale solului; în cazul marilor furtuni de praf, norii galbeni, constituiți de pulberi ridicate de vînt de pe sol, pot învălui practic întreaga planetă, făcînd ca timp de mai multe săptămîni, amănuntele permanente ale solului să devină invizibile. Spre a vă ușura recunoașterea detaliilor temporare față de cele permanente, în figura 6.4 este prezentată o hartă a planetei Marte, întocmită după ultimele observații. Evident, nu am indicat aici nici cratere, nici alte detalii ale reliefului care, oricum sînt inaccesibile instrumentelor astronomice obișnuite.

La sfîrșitul campaniei de observații — care durează de regulă atît timp cît diametrul aparent al planetei depășește 5"—6"—, concentrați observațiile într-o sinteză în care veți descrie evoluția fotometrică a diferitelor detalii observate, evoluția calotei polare etc.; vom reveni asupra acestei probleme. Dar nu uitați ca la fiecare desen să indicați, în afară de dată și orele începutului și sfîrșitului observației (în TU), grosimintele utilizate, gradul de turbulență atmosferică și de transparență — prin indicarea magnitudinii stelelor celor mai slabe observabile cu ochiul liber



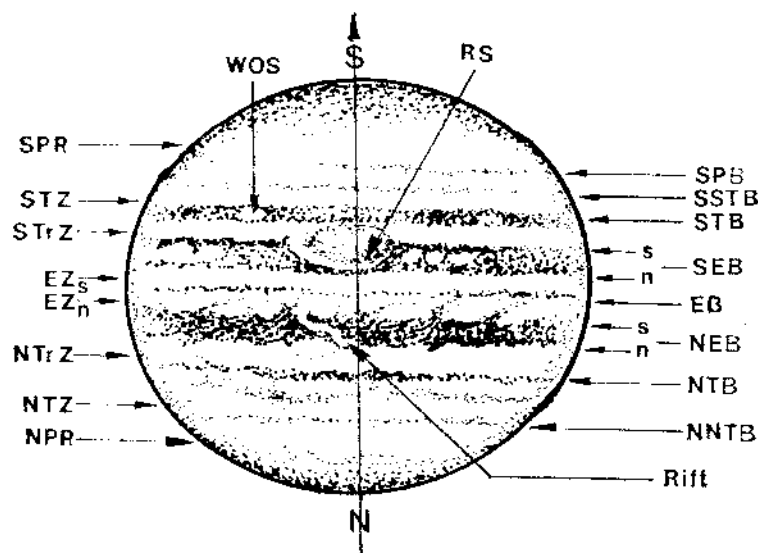
6.4 Harta generală a planetei Marte (denumirile sînt date în anexa 11)

în zona planetei, ca și diametrul aparent al planetei exprimat în secunde de arc. La fel, folosind datele publicate în anuare, veți calcula și înscrie valoarea longitudinii meridianului central în momentul executării schiței generale, mărimea fazei și latitudinea centrului. Cu această ocazie, țineți cont de faptul că longitudinea meridianului central al planetei variază cu $14^{\circ},6205$ pe oră sau $0^{\circ},43675$ pe minut, ca urmare a rotației axiale a planetei.

Fotografierea planetei Marte este puțin cam dificilă, ca urmare a faptului că diametrul aparent al planetei nu depășește niciodată $25'',1$; putem încerca totuși asemenea observații, cînd planeta măsoară cel puțin $15''$. Fiind necesar un diametru al imaginii pe film de cel puțin 2 mm, calculul arată ușor că, la diametrul nostru de 200 mm, avem nevoie de un raport F/D de cel puțin 120—130. Deoarece este cam mare, va fi necesar să lucrăm cu multă atenție, adică mecanismul nostru de urmărire să fie foarte bine reglat, ca și orientarea monturii noastre ecuatoriale. Oricum însă, nu reduceți raportul F/D la valori care nu v-ar permite obținerea unor imagini de cel puțin 1,85—1,90 mm diametru pe film.

După cum vedeți, chiar și enumerate fără comentarii, subiectele de observație în cazul planetei Marte sînt mai mult decît numeroase. Același lucru se poate spune și despre planeta Jupiter care, prin accesibilitatea detaliilor pentru instrumente chiar mai mici de 125 mm diametru și prin varietatea lor în timp, a devenit încă mai de mult un subiect de predilecție al astronomilor amatori.

Mai întîi, nomenclatura. În raport cu pozițiile și permanența detaliilor pentru benzile alternativ luminoase și întunecoase ale planetei, a fost definită o nomenclatură destinată precizării observațiilor. În figura 6.5 este dată această nomenclatură, pe care o puteți utiliza în toate observațiile. Cu această ocazie vă semnaliez că, deși pe cale de dispariție — după ce au apărut, uriașe, prin anii 1939—1942 —, în *Banda Temperată Sud* se recunosc trei pete albe, ovale, cunoscute sub numele de *WOS* de la denumirea „White Oval Spots”; astfel, veți găsi prin diferitele lucrări de specialitate — mai precis în cele care se referă direct la observații — indicații cu privire la *WOS BC, DE* sau *FA* — cum au fost desemnate, spre a se putea face precizarea despre care astfel



6.5. Nomenclatura detaliilor observate pe planeta Jupiter;

S — sud T — temperat Z — zonă P — polar Tr — tropical E — ecuatorial
R — regiune B — bandă RS — Pata Roșie n, s, — sufixe pentru desemnarea componentelor nord și sud ale unei benzi sau zone.

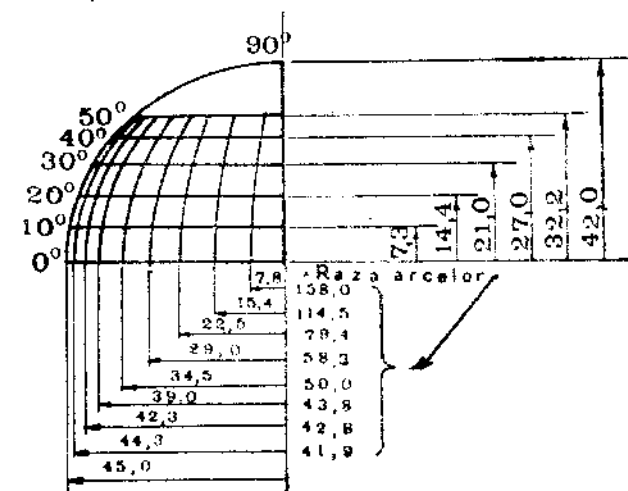
de pată este vorba. Recunoașterea lor de la un an la altul nu este dificilă: se consideră pozițiile lor la o epocă oarecare — numai în longitudine, latitudinea fiind practic constantă — și se aplică corecțiile de mișcare proprie, care sînt determinate la fiecare campanie de observații. De exemplu, în anul 1982, în momentul opoziției planetei, pozițiile celor trei WOS erau cele indicate mai jos: aplicînd corecțiile de mișcări proprii, le puteați găsi în 1983 — de pildă la 17 august — la pozițiile indicate ca atare.

Cum se observă detaliile planetei Jupiter?

Respectînd principiile observaționale menționate în capitolul II, vom desena detaliile observate în benzi — cu precădere Pata Roșie, cele trei WOS, filamentele ecuatoriale și nodurile întunecate; nu vom neglija însă nici petele albe strălucitoare care apar mai ales în Zona Ecuatorială, ca și firele albe — cunoscute sub numele englez de „rift” — care apar deseori în structura Benzii Ecuatoriale Nord.

	Longitudine WOS la opoziție 1982, apr. 26	Derivă medie pe zi	Interval în zile 26.04.82 - 17.08.83	Longitudine la dată	
				Calculată	Observată
EA	54°8	-0°,482	478	184°,4	183°,5
BC	173,5	-0°,446	478	320,3	321,0
DE	284,8	-0°,437	478	75,9	76,5

Latitudinile diferitelor detalii variază foarte puțin: ele pot fi determinate doar din cînd în cînd (cam de 2—3 ori pe campania de observații). Mai importantă este însă determinarea sistematică a longitudinilor detaliilor. Faceți acest lucru prin calcul — mai ales dacă este vorba de fotografii — sau pe desene, prin intermediul rețelei date în figura 6.6.



6.6. Construcția rețelei pentru măsurarea desenelor planetei Jupiter.

Anume, copiați această rețea și măriți-o pînă la scara gabaritului desenelor (90/84 mm); trăsînd-o pe o folie transparentă, o veți suprapune peste desene și veți citi în acest fel

direct, latitudinile, ca și longitudinile, dar în raport cu meridianul central — adică, de fapt, diferențe de longitudini, la fel ca în cazul Soarelui. De aceea, va fi necesar să calculăm pentru momentele caracteristice ale fiecărei observații, *longitudinea meridianului central*: vom vorbi despre aceasta puțin mai târziu.

Măsurarea repetată a longitudinilor unor detalii persistente vă permite calcularea derivatei medii zilnice a acestora și, de aici, calcularea vitezelor proprii de rotație ale acestor detalii. Pentru aceasta, faceți grafice ale zonelor mai interesante — în special pentru *Zona Ecuatorială*, cele două benzi ecuatoriale — unde, în ordonată, veți marca timpul (de sus în jos), iar în abscisă veți marca longitudinile, de la 0° la 360° . Pe aceste grafice, veți marca prin contururi aproximative, petele albe și filamentele observate, respectiv detaliile din cele două benzi ecuatoriale (pe graficele lor). Veți recunoaște astfel identitatea diferitelor detalii observate, ca și deplasarea lor grosieră în longitudine de la o observație la alta. În această situație, pentru detaliile pentru care aveți mai multe observații — cel puțin 5-6 —, extrageți din observații pozițiile în longitudine ale acestora și, presupunând o variație lineară, deci proporțională cu timpul, a longitudinilor, rezolvați pentru fiecare detaliu câte un sistem de n ecuații cu două necunoscute. Numărul de ecuații este egal cu numărul de poziții; cu x vom nota pozițiile calculate (x_0 fiind poziția pentru epoca inițială), iar cu y variația longitudinii în unitatea de timp — în cazul nostru, ziua. Dar, pentru a vă edifica mai bine, iată un exemplu din observațiile personale.

În anul 1975, am obținut prin observații vizuale și fotografice o serie de poziții ale Petei Roșii; după eliminarea valorilor discordante, am reținut 18 dintre ele pe care le dau în parte, mai jos.

Coloanele au semnificații clare: data observației — ora nu contează la acest grad de aproximare, deși ar putea fi exprimată ca fracțiune de zi; aceeași dată exprimată în perioadă iuliană, pentru calculul simplificat al intervalelor de timp; t_i — numărul de zile scurs de la prima observație pe care am făcut-o în acel an asupra *planetei*, nu asupra Petei Roșii; ω_{obs} — longitudinea observată; ω_{calc} — longitudinea calculată prin operațiile pe care le voi descrie mai

Data	Data iuliană	t_i	ω_{obs}	ω_{calc}	$\omega_{obs} - \omega_{calc}$
1975	2 442 000 +				
aug. 10	635	2	39°,0	37°,3	+1°,7
12	637	4	37,2	37,4	-0,2
24	649	16	38,9	38,4	+0,5
1976					
febr. 19	828	195	53,3	53,1	+0,2
28	837	204	53,3	53,8	-0,5

jos; $\omega_{obs} - \omega_{calc}$ diferențele între cele două longitudini — calculate și observate —, care au fost utilizate ulterior pentru a pune în evidență anumite particularități.

Din valorile t_i și ω_{obs} , alcătuim ecuațiile:

$$\begin{aligned} x + 2y &= 39^\circ,0 \\ x + 4y &= 37,2 \\ x + 16y &= 38,9 \\ &\dots\dots\dots \\ x + 195y &= 53,3 \\ x + 204y &= 53,3 \end{aligned} \quad (6.7)$$

Rezolvarea sistemului nu pune probleme. Alcătuim ecuația medie, prin însumarea ecuațiilor (6.7) și împărțirea sumei la numărul de ecuații (în cazul, nostru, 18 ecuații pentru cele 18 puncte reținute):

$$\begin{aligned} \text{Suma:} \quad 18x + 1\,639y &= 802^\circ,1 \\ \text{Media:} \quad x + 91y &= 44^\circ,6 \end{aligned} \quad (6.8)$$

Eliminăm acum necunoscuta x prin scăderea ecuațiilor (6.7) din ecuația medie (6.8) sau pe aceasta din urmă din ecuațiile (6.7), pentru a obține numai valori pozitive ale coeficienților necunoscutei y . De exemplu, vom avea:

$$(x + 91y = 44^\circ,6) - (x + 2y = 39^\circ,0)$$

și așa mai departe. În final obținem :

$$\begin{aligned} 89y &= 5^{\circ},6 \\ 87y &= 7,4 \\ 75y &= -5,7 \\ \dots &\dots \\ 104y &= -8,7 \\ 113y &= -8,7 \end{aligned} \quad (6.9)$$

Făcînd suma ecuațiilor (6.9) și rezolvînd ecuația-sumă, găsim valoarea necunoscutei y :

$$\begin{aligned} 977y &= 80^{\circ},5 \\ y &= +0^{\circ},082 \end{aligned}$$

ceea ce reprezintă variația medie diurnă a longitudinii Petei Roșii, în intervalul considerat. Acum, introducînd valoarea lui y în ecuația medie (6.8), găsim valoarea inițială a longitudinii calculate, pentru momentul primei observații asupra planetei Jupiter pe care am făcut-o în anul 1975, x_0 :

$$x_0 = -37^{\circ},1$$

Să introducem acum valorile x_0 și y în ecuațiile (6.7) : în membrul II al fiecăreia dintre ele vom găsi alte valori decît cele inițiale și care sînt longitudinile calculate ω_{calc} la fiecare dată de observație. Aceste valori sînt înscrise în coloana corespunzătoare din tabelul inițial.

Valoarea derivatei diurne a longitudinii, y , ne dă posibilitatea să calculăm și durata rotației proprii a Petei Roșii — în exemplul nostru — sau a oricărui detaliu observat și pentru care am determinat această valoare ; iată cum se procedează.

După cum se știe, suprafața direct observabilă a planetei Jupiter, adică stratul exterior de nori, este caracterizat și de durate de rotație variabile cu latitudinea. Astfel, se definesc două durate standard de rotație axială, respectiv două sisteme de longitudini. Sistemul I este aplicabil Zonei Ecuatoriale, respectiv componentei sudice a Benzii Ecuatoriale Nord (NEBs) și componentei nordice a Benzii

Ecuatoriale Sud (SEBs) ; iar sistemul II de longitudini se aplică la toate celelalte zone.

Durata de rotație standard pentru sistemul I de longitudini este

$$9^h50^m30^s.003, \text{ iar în 24 de ore se fac } 877^{\circ},90,$$

iar aceleași caracteristici pentru sistemul II de longitudini sînt

$$9^h55^m40^s.632, \text{ iar în 24 de ore se fac } 870^{\circ},27.$$

Pentru calcularea duratei *reale* de rotație, vom avea în vedere valoarea derivatei ; în exemplul nostru, ea fiind pozitivă, înseamnă că la fiecare 24 de ore, Pata Roșie rămînea în urmă față de rotația standard deci, pe fiecare 24 de ore, Pata Roșie parcurgea numai $870^{\circ},27 - 0^{\circ},082 = 870^{\circ},188$. De aici, o simplă operație ne conduce la determinarea duratei de rotație :

$$8\ 640^m : 870,188 = 9^h52^m44^s.0.$$

Pentru calcularea longitudinilor meridianului central al planetei în momentele caracteristice ale observațiilor, folosiți datele publicate în anuarele astronomice : de exemplu, *Anuarul astronomic* pe anul 1985 al Centrului de Astronomie și Științe Spatiale din București, cuprinde aceste date la paginile 120 - 123. Cum valorile publicate sînt cele pentru orele 0^h TU, va trebui să le calculați voi pentru orele care vă interesează, pe baza cunoașterii variațiilor longitudinii în cele două sisteme, pe oră, minut (și secundă, deși nu este necesar) ; iată aici aceste variații :

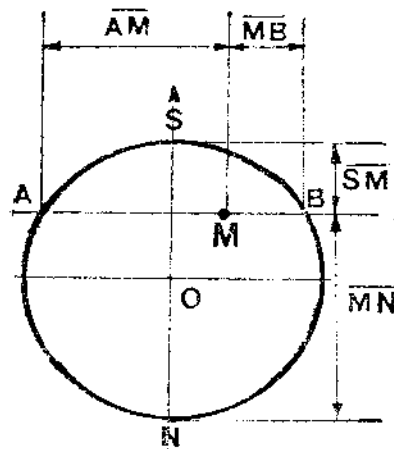
	Sistemul I	Sistemul II
1 ^h	36°,579167	36°,26125
1 ^m	0°,6096582	0°,6043542
1 ^s	0°,0101609	0°,0100726

Am dat valorile cu un mare număr de zecimale -- dar voi veți calcula valorile necesare numai cu cel mult o zecimală. De exemplu, dacă aveți o observație în seara de 17 septembrie 1985, la orele 17^h37^m TU, longitudinile meridianului central în cele două sisteme vor fi :

Din anuar	Variație 6 ⁿ	Variație 23 ^m	Rezultat
18.09	314°,8	— (36°,579167 × 6) —	(0°,6096582 × 23) = 81°,3
		Sist. I	
	148°,3	— (36°,26125 × 6) —	(0°,6043542 × 23) = 276°,8
		Sist. II	

Veți remarca faptul că nu am luat valorile pentru data de 17 septembrie, ci acelea indicate pentru miezul nopții (în TU) la data de 18; în acest caz, am calculat variațiile pentru timpul rămas pînă la acest moment, aplicîndu-le cu semn negativ. De obicei, pentru a reduce unele erori legate și de rotația terestră, de deplasarea planetei noastre în raport cu Jupiter, interpolarea se face pentru intervale mai mici.

În cazul fotografiilor, măsurătorile prin intermediul rețelei din figura 6.6 nu mai sînt posibile: ar trebui să mărim exagerat de mult clișeele pentru a le aduce la dimensiunile necesare. De aceea, imaginile fotografice le vom măsura cu ajutorul „mașinii” noastre (iată încă o utilitate a acesteia !); în figura 6.7 vă dau schema măsurilor pe care trebuie să le



O (ω_0 ; φ_0)

M (ω ; φ)

6.7 Schema geometrică pentru calcularea pozițiilor detaliilor observate pe planeta Jupiter.

facem. Iar formulele de calcul sînt cele de mai jos, pentru latitudine, respectiv pentru longitudine:

$$\varphi = \arcsin \left(2 \frac{SM}{SN} - 1 \right) + \varphi_0 \quad (6.10)$$

$$\omega = \arcsin \left(2 \frac{AM}{AB} - 1 \right) + \omega_0 + 0,13 i \quad (6.11)$$

unde φ și ω sînt valorile căutate; φ_0 și ω_0 sînt latitudinea, respectiv longitudinea centrului (aceasta din urmă în sistemul I sau II după caz), iar i este defectul de fază. Acesta din urmă poate atinge și chiar depăși valori de $\pm 11^\circ$, deci variația maximă este de ordinul a $\pm 1^\circ,45$. Cît privește valorile φ_0 , acestea le găsiți în anuare; valoarea sa oscilează între $\pm 4^\circ,23$.

Ca să încheiem cu Jupiter, ar trebui să vă spun că interesul pentru fizica acestei planete nu se limitează numai la cele spuse pînă aici. Variațiile de culori, fenomenele legate de apariția, evoluția și dispariția diferitelor pete luminoase și întunecoase sînt tot atîtea subiecte de studiu — eu v-am dat numai cîteva exemple. Voi mai adăuga însă tot aici și faptul că în ultima vreme se manifestă un interes deosebit pentru eclipsele sateliților mari ai planetei. Într-adevăr, aceștia (Io, Europa, Ganymede și Callisto) trec periodic prin dreptul planetei — în care caz, veți vedea umbrele lor traversînd discul jovian și chiar discurile sateliților vor putea fi observate așa; iar cu ocazia trecerilor prin spatele planetei, sateliții dispar în umbra lui Jupiter sau în spatele discului acesteia, în veritabile eclipse. Fenomenele de acest fel sînt calculate dinainte și publicate ca atare în diferitele anuare. În prezent se cer observații cît mai precise asupra eclipselor — mai concret, stabilirea momentelor în care sateliții eclipsați dispar vederii observatorului, cufundîndu-se în umbra planetei, sau momentul în care satelitul în cauză reapare din umbră. Cu ce precizie trebuie să stabiliți aceste momente? Erorile nu trebuie să depășească 5—6 s. Cum aceste fenomene sînt mai mult decît frecvente, aveți și aici un domeniu interesant de observații...

Saturn? Planetă extrem de interesantă, prin gigantul său sistem de inele, ca și prin ansamblul sateliților obser-

vabili în parte chiar cu instrumente mai mici de 200 mm diametru ; dar destul de puțin interesantă pentru astrofizicienii care o observă cu 150—250 mm diametru. Într-adevăr, detaliile observabile sînt destul de puține — cîteva benzi întunecate pe disc, unele pete extrem de vagi pe inele. Merită totuși să faceți o urmărire sistematică a planetei și să acordați toată atenția eventualelor pete albe care ar putea apare pe globul saturnian și cărora le-ați putea găsi duratele de rotație axială. Iar cît privește fotografiile, aici se aplică mult fotografia prin filtre colorate, care poate duce la descoperirea unor formații invizibile în lumină integrală.

Nu ne vom ocupa de planetele mai îndepărtate — Uranus, Neptun și Pluton — dat fiind faptul că numai primele două vă sînt accesibile observațiilor directe, dar numai ca să le vedeți — necum să observați detalii : discurile lor nu depășesc, unghiular, valori medii de 4", respectiv 2". În schimb vă voi spune cîteva lucruri în plus — o revenire — deci — referitoare la fotografierea Lunii și planetelor : este vorba de metoda de punere la punct a imaginii, ceea ce nu este chiar atît de simplu pe cît ar părea — aici nu mai merge ca la fotografia obișnuită, chiar cu aparatul vostru reflex monoobiectiv.

Luați deci aparatul și, scoțîndu-i obiectivul, montați-l la telescop (cu ocularul pentru amplificarea imaginii sau nu). Încercați să faceți punerea la punct a imaginii Lunii, în planul focal al telescopului. O să vi se pară o joacă, mai ales că Luna apare așa de frumos pe geamul mat al aparatului ! Ați fi tentați să spuneți că o eroare de 0,2—0,3 mm, adică pe plaja de claritate pe care o sesizați, nu contează. Dar, stupoare ! toate clișeele voastre apar neclare ! De ce, de unde atîta nereușită ? ...

Puneți ocularul pentru amplificare ca să obțineți un raport F/D de ordinul a 80—90, pentru a fotografia pe Jupiter și faceți punerea la punct a imaginii. Cînd colo, pe geamul mat al aparatului, vedeți un fel de bilă turtită, cu vreo două benzi întunecate, care vă vor părea la fel de neclare, chiar dacă mișcați aparatul înainte și înapoi pe mai mulți milimetri. Dar punerea la punct în focar trebuie făcută cu erori mai mici de 0,02—0,03 mm, în timp ce focalizarea în cazul imaginilor amplificate necesită o precizie de 0,2—0,4 mm. Oare ce e de făcut ?

O singură soluție există aici : observarea imaginilor „aeriene”. Este vorba de faptul că trebuie să eliminăm geamul mat al aparatului fotografic, sau cel puțin efectele cu totul nefaste ale granulației sale grosiere, extrem de grosiere pentru imaginile astronomice obținute prin intermediul instrumentelor. Din acest punct de vedere, există aparate fotografice reflex monoobiectiv la care prisma de observație, purtătoare a suprafeței mate, poate fi scoasă și înlocuită cu o placă de sticlă optică, purtătoare a unui reticul gravat, dar cu ambele suprafețe polisate. În această situație punerea la punct a imaginii o vom face cu ajutorul plăcii de sticlă optică observînd reticulul gravat și imaginea ce o vom fotografia, simultan, cu maximum de claritate (lupa de observație ne va fi strict necesară. În acest mod avem asigurată claritatea imaginii... și pe film.

În cazul în care prisma respectivă nu poate fi scoasă decît prin intervenții mecanice, nu avem decît o singură soluție. La un atelier de reparații de aparate fotografice solicităm ca în mijlocul suprafeței mate, să lipească cu balsam de Canada o bucată de lamelă de microscop cu grosimea de maximum un milimetru, fie circulară, cu diametrul de 4—6 mm, fie pătrată cu latura de 5 sau 6 milimetri. În orice caz, înainte de această operație, în locul unde va fi lipită plăcuța (în mijlocul suprafeței mate), vom trasa o cruce cu ajutorul unui creion cît mai bine ascuțit, avînd duritatea 4H sau 5H. Rezultatul va fi acela că, după uscarea balsamului, vom avea suprafața acoperită de lamelă perfect transparentă fiind perfect vizibilă și crucea reticulară trasată cu creionul.

Zona respectivă va deveni total inutilizabilă pentru punerea la punct a imaginii în cazul fotografiilor normale —, dar rămîne restul suprafeței mate pentru acest lucru. În schimb, prin mica fereastră clară vom face punerea la punct a imaginilor astronomice exact ca în prima situație și cu toată precizia posibilă — cca necesară pentru obținerea unor imagini corespunzătoare scopurilor noastre. Din acest punct de vedere, la punerea la punct, observați imaginile unor stele situate la cel puțin 50° deasupra orizontului și faceți punerea la punct corespunzătoare, obținînd imagini la fel de clare ca cele observate direct prin oculare. După aceea, puteți fotografia fie Luna, fie o planetă ; mai ușor se poate

fotografia planeta Jupiter, unde această operație poate fi executată direct, dată fiind prezența sateliților care ne pot servi punerii la punct la fel de bine ca și stelele. Și numai cu aceste ocazii veți vedea că plajele de punere la punct a imaginii sînt extrem de mici față de cele remarcate la primele încercări de fotografiere. Dar, pentru că vorbim de fotografie, menționez că în domeniul fotografiei planetare, în special, se practică o metodă menită să reducă pe copii mult mărite, granulația filmelor, permițînd totodată precizarea detaliilor obținute pe clișee. Este așa numita metodă a compozitării; iată despre ce este vorba.

În loc să faceți două-trei clișee ale unei planete, faceți „în rafală” 10—15 clișee cu aceeași durată de expunere, în momentele de calm atmosferic, dar într-un interval de timp cît mai scurt posibil. În raport cu claritatea imaginilor, în laborator vom selecționa 4—6 clișee dintre cele mai bune. În loc să obținem copii separate ale acestor clișee, le expunem pe una și aceeași imagine. Mai concret, dacă unul dintre clișee ar trebui expus la mărire 10 secunde și am ales pentru compozitare 5 clișee, fiecare dintre ele va fi expus pe una și aceeași bucată de hîrtie fotografică, cite 2 secunde.

Metoda necesită o exactă suprapunere a imaginilor de pe fiecare clișeu pe copia pe hîrtie. De aceea, mai întîi, vom proiecta pe un carton opac, alb, un clișeu — la scara la care vrem să mărim imaginea — și conturăm cu creionul imaginea proiectată, marcînd și cîteva detalii mai pregnante.

Fixăm acum cartonul cu imaginea de rama port-hîrtie a aparatului de mărit și așezăm dedesubtul său bucata de hîrtie fotografică; ea va trebui să rămînă nemișcată pe ramă — mai precis, în raport cu cartonul pe care am desenat imaginea.

Proiectăm primul clișeu pe desenul de pe carton, în poziția corespunzătoare detaliilor marcate; ridicăm cu atenție rama cu cartonul și facem prima expunere, după care acoperim hîrtia fotografică cu cartonul-ghid. În continuare, aducem cea de a doua imagine în planul proiecției, pe care o vom centra foarte exact, tot pe desenul de pe carton. Aceasta înseamnă că imaginea se va forma exact în același loc și pe hîrtia fotografică — deci putem face acum cea de a doua expunere. Iar în continuare, procedăm la fel și cu celelalte trei imagini din cele cinci selecționate.

Acum putem dezvolta imaginea — unică pe hîrtie — și vom proceda ca în cazul oricărei fotografii: expunerea de 10 s am asigurat-o prin cele 5 expuneri de cite 2 s, așa că operația este complet normală. Rezultatul? O imagine corect expusă, detaliată și mult mai netă; dar, în plus, granulația care s-ar fi văzut destul de grosier, acum apare considerabil redusă: anume, dacă numărul de clișee proiectate a fost N , granulația a scăzut de $\sqrt{N}$ ori. La 4 clișee deci, granulația scade de două ori, iar la 9 clișee scade de 3 ori etc.

În principiu, compozitarea poate fi aplicată pentru orice imagini; ea este practică însă cu predilecție în fotografia planetară și ceva mai rar în fotografierea Lunii, atunci cînd pelicula utilizată este mai sensibilă — deci are o granulație mai mare, ca de exemplu, în cazul peliculei ORWO NP 27 de 400 ASA, sau mai sensibilă.

Începem să ne cam apropiem de finalul acestor considerente. Să ne oprim însă puțin asupra unui domeniu de mare finețe, care ne este accesibil grație faptului că dispunem de mașina de măsurat clișee. Mă refer la obținerea coordonatelor ecuatoriale topocentrice ale unor aștri — asteroizi, comete, chiar sateliți artificiali — pe care i-am fotografiat. Aceste coordonate sînt *topocentrice* pentru că ele sînt determinate din locul observației noastre.

Rezolvarea problemei este destul de laborioasă. Dar cum v-am spus încă de la început, vă dau și elemente mai dificile, care să vă pună în situația de a putea rezolva problema de ordin superior — nu numai observații comune, fără nici un fel de prelucrare. De aceea, încă de aici, am să vă dau un prim element — metoda generală de determinare a pozițiilor exacte pe clișee: repet — aveți nevoie de multă atenție nu numai la calcule, dar și la măsurători, începînd cu... construcția mașinii de măsurat și cu obținerea clișeeilor.

Mai întîi, o precizare. Atunci cînd faceți o fotografie cu scopul declarat al măsurătorilor de poziție, faceți o dublă expunere. Prima va fi expunerea normală, bine ghidată (fotografiile de acest gen se fac exclusiv în planul focal al obiectivelor), astfel încît imaginile stelelor să apară perfect circulare pe clișeu și cu toată claritatea posibilă — deci o exactă focalizare. După aceea, *fără a atinge* aparatul fotografic sau restul instrumentului, acoperiți obiectivul instrumentului și opriți mecanismul de orologerie, pentru un minut.

În continuare, tot cu mecanismul oprit, eliberați obiectivul și expuneți din nou timp de 1—1,5 minute în cazul obiectivelor cu distanțe focale de un metru sau mai mult, respectiv 3—4 minute pentru focale mai scurte, cu scopul de a obține pe clișeu o serie de dîre — urme ale stelelor, în mișcare diurnă.

Urmele astfel obținute ne dau cu o bună aproximație direcția est-vest; o perpendiculară pe aceasta reprezintă direcția nord-sud și, prin aceasta, avem orientarea clișeului. Voi mai adăuga tot aici și faptul că, dacă vrem să măsurăm poziția unei comete, este bine ca expunerea să fie suficient de scurtă — atît cît este necesar să obținem imaginea nucleului cometei, nu și al restului componentelor sale: măsurătorile vor fi mai precise și mai ușor de executat.

Începem acum cu prelucrarea clișeului. În primul rînd îl vom fixa între două bucăți de sticlă — de exemplu, de la o ramă de diapozitiv —, pentru a asigura o planitate riguroasă a filmului. După aceea, vom alege pe clișeu cel puțin trei stele de coordonate ecuatoriale cunoscute, față de care vom măsura cu cea mai mare precizie posibilă, pe cele două direcții (nord-sud și est-vest), distanțele cometei sau asteroidului în milimetri; precizia cerută este de 1—2 μ m, dar noi ne vom mulțumi și cu 4—5 μ m, adică atît cît ne dă mașina noastră de măsurat. Rezultatele vor fi și mai bune dacă vom face cîte 4—6 măsurători pentru fiecare stea, luînd în considerare valorile medii. Multă atenție trebuie să acordăm nu numai măsurătorilor de distanțe, dar și respectării unghiului de 90° dintre cele două direcții pe care se fac măsurătorile — altfel, toate eforturile noastre vor fi afectate de erori care vor face rezultatele inutilizabile.

Și acum, pentru reducerea — cum se spune — observațiilor, cîteva elemente de teorie.

Fie L distanța focală a obiectivului utilizat la obținerea clișeului și A — ascensia dreaptă, respectiv D — declinația centrului clișeului nostru. Deși cunoscute cu o oarecare aproximație, noi vom considera aceste valori ca fiind precis determinate.

Avem nevoie de coordonatele ecuatoriale ale celor trei stele, pentru care vom aplica și corecțiile de poziții aparente, spre a avea valorile respective pentru momentul fotografiei (acest moment va fi considerat ca fiind cel al

mijlocului expunerii, indicat cu precizie de o secundă). Fie coordonatele ecuatoriale ale celor trei stele α_i și δ_i ($i=1, 2, 3$).

Să calculăm acum mărimile H , ξ și η pentru fiecare stea de referință, prin formulele:

$$\left. \begin{aligned} H &= \sin \delta \sin D + \cos \delta \cos D \cos (\alpha - A) \\ \xi &= \frac{\cos \delta \sin (\alpha - A)}{H} \\ \eta &= \frac{\sin \delta \cos D - \cos \delta \sin D \cos (\alpha - A)}{H} \end{aligned} \right\} \quad (6.12)$$

Verificarea corectitudinii calculelor este dată de valoarea lui H care trebuie să fie aproximativ, egală cu unitatea.

Considerînd acum ca origine de coordonate rectangulare ale stelelor de pe clișeu un punct situat într-un colț oarecare al clișeului, vom măsura coordonatele x_i și y_i ($i=1, 2, 3$) pentru fiecare dintre cele trei stele de referință, exprimînd valorile în aceleași unități ca și pentru L . În orice caz însă, valorile ξ și η pentru centrul clișeului vor fi egale cu zero.

Să scriem acum ecuațiile care leagă coordonatele de pe clișeu ale stelei, de coordonatele de pe cer:

$$\frac{\xi - x}{L} = ax + by + c \quad (6.13)$$

$$\frac{\eta - y}{L} = a'x + b'y + c'$$

unde a, b, c , respectiv a', b', c' sînt constantele necunoscute ale clișeului. Ecuațiile (6.13) vor fi scrise pentru toate cele trei stele de referință; astfel vor fi obținute 6 ecuații pentru calculul celor 6 necunoscute ale clișeului („matematicienii” vor putea lucra și cu mai multe stele — 4 pînă la 8 —, rezolvînd sistemul prin metoda celor mai mici pătrate).

Cu aceste valori și cu coordonatele ecuatoriale ale centrului clișeului (A și D), calculăm mărimile:

$$\left. \begin{aligned} \Delta &= \cos D - \eta \sin D \\ \Gamma &= \sqrt{\xi^2 + \Delta^2} \\ \operatorname{tg}(\alpha - A) &= \frac{\xi}{\Delta} \\ \operatorname{tg} \delta &= \frac{\sin D + \eta \cos D}{\Gamma} \end{aligned} \right\} \quad (6.14)$$

Și astfel, prin ultimele două ecuații (6.14) găsim coordonatele ecuatoriale α , și δ , ale cometei sau ale asteroidului pe care, dacă măsurătorile au fost corecte, le putem comunica imediat observatoarelor astronomice interesate.

Fără îndoială că aplicarea acestei metode presupune un important volum de muncă, dar rezultatele sînt pe măsura eforturilor. Dacă însă ne mulțumim cu niște poziții aproximative, putem aplica o metodă mai expeditivă și fără pretenții prea mari; iată în ce constă aceasta.

Ca urmare a timpului redus al fotografiilor — din cauza distanței focale mai mari a obiectivului utilizat la fotografie (de cel puțin un metru), vom considera că zona fotografiată nu se află pe o sferă, ci pe planul tangent la sfera cerească, în centrul clișeului. În această concepție, vom lua mai multe stele de referință, cu coordonatele ecuatoriale cunoscute și, cu toată atenția, vom măsura diferențele în ascensie dreaptă și declinație ale cometei sau asteroidului față de aceste stele — mai întii exprimînd diferențele în milimetri, cum spuneam la început și apoi transformînd aceste valori în unități unghiulare, prin valoarea, cunoscută, a distanței focale a obiectivului. Vom avea grijă ca stelele de referință să fie situate în diferite direcții față de astrul ce ne interesează, încadrîndu-l cît mai bine posibil. În acest mod, vom determina o serie de perechi de coordonate α_i și δ_i ($i=1, 2, 3, \dots$) pentru astrul nostru și anume, atîtea perechi cîte stele de referință am luat în considerare. Valoarea cea mai probabilă va fi aceea a mediilor valorilor α_i și δ_i . Aceste coordonatele vom putea comunica unor societăți astronomice interesate, cu specificația expresă că ele sînt aproximative — vom limita de altfel indicarea lor la zecimea de minut de arc.

Pentru că vorbim de comete, să vă mai spun ceva.

Să presupunem că am făcut cu ajutorul instrumentului nostru o serie de determinări ale magnitudinilor aparente ale unei comete și că, mai mult, am reușit să măsurăm și diametrul aparent al coamei, în minute de arc, respectiv lungimea cozii în grade.

Ca să determinăm magnitudinea aparentă reală, trebuie să aplicăm una dintre formulele de mai jos, după tipul de instrument utilizat — lunetă sau telescop. În cazul lunetelor, formula este :

$$m' = m - 0,066 (A - 6,8) \quad (6.15)$$

Iar în cazul telescoapelor :

$$m' = m - 0,019 (A - 6,8), \quad (6.16)$$

unde m' — magnitudinea aparentă reală ; m — magnitudinea observată ; A — diametrul obiectivului în centimetri.

Diametrul real al coamei exprimat în kilometri poate fi calculat dacă cunoaștem distanța Δ a cometei față de Pămînt, prin relația :

$$D_{km} = 48,517 d \cdot \Delta, \quad (6.17)$$

unde d — diametrul coamei în minute de arc.

În fine, pentru lungimea cozii exprimată în unități astronomice (UA ; 1 UA = $149,6 \cdot 10^6$ km) trebuie să cunoaștem :

r — distanța cometei față de Soare ;

Δ — distanța cometei față de Pămînt ;

E — distanța unghiulară a capului cometei față de Soare, exprimată în grade ;

R — distanța Soare-Pămînt, exprimată în UA ; ea este variabilă, între valorile 0,98 și 1,02 UA.

De regulă, aceste elemente sînt indicate o dată cu efemerida astrului (coordoanatele sale ecuatoriale) ; la ele se adaugă lungimea observată a cozii cometei, exprimată în grade, l . Cînd avem aceste elemente, aplicăm grupul de formule de mai jos :

$$\left. \begin{aligned} A &= r \Delta \sin l \\ B &= R \sin (E + l) \\ C &= \Delta \sin l \\ L &= \frac{A}{B - C} \end{aligned} \right\} \quad (6.18)$$

În ultimă instanță, valoarea E poate fi calculată și prin relația :

$$E = \arccos \frac{\Delta^2 + R^2 - r^2}{2\Delta R} \quad (6.19)$$

Cele prezentate mai sus reprezintă elemente utile observațiilor asupra cometelor. Nu mă refer numai la comete exclusiv telescopice — astfel de aștri cu coadă (și fără !) apar în fiecare an, ci și la comete mai mari, mai spectaculoase, care să ne dea posibilitatea efectuării unor observații sistematice și cu rezultate complexe.

Dacă ar fi să trec în revistă toate domeniile mai importante ale astrofizicii, ar trebui acum să mă refer la stelele variabile. Nu voi spune însă nimic despre ele : metodologia observării lor a fost publicată în numeroase lucrări similare (unele dintre ele le-am indicat în bibliografie) de așa manieră încât nu vreau să repet nimic din cele scrise chiar relativ recent. La fel, nu mă opresc asupra metodelor de observare a „stelor căzătoare” — a bolizilor și meteorilor mai bine zis : și despre acest lucru s-a mai scris, așa că mă voi rezuma numai la cele deja spuse. Vreau doar să mai adaug : faptul că dispuneți de un densitometru, vă crează posibilitatea observării unor stele variabile mai dificile decât cele care prezintă variații importante ale strălucirii. În acest sens, în anexe sînt prezentate datele și hărțile pentru șase stele variabile mai complicate, ca și magnitudinile vizuale ale stelor de comparație. Or, acest din urmă fapt necesită ca la observarea fotografică a variabilelor respective, să faceți clișeele prin intermediul unui filtru galben mediu, pentru a obține magnitudini fotovizuale pe clișee, adică foarte apropiate de magnitudinile V din sistemul fotometric U, B, V . În orice caz, veți avea destul de lucru cu toate aspectele prezentate pînă acum — de la construcții pînă la observații.

Apropiindu-ne de finalul acestui capitol, ar mai fi de adăugat două probleme : măsurarea timpului și sintezele observațiilor planetare.

În repetate rînduri am vorbit despre necesitatea situării în timp a observațiilor, adică despre notarea orei la care am efectuat o observație oarecare. Cu aceleași ocazii, nu se poate să nu fi remarcat și faptul că unele observații trebuie să fie caracterizate de o mare precizie în ce privește momentul — pentru unele dintre ele fiind necesară notarea orei cu precizie de secundă, poate chiar de zecime de secundă.

Ceasurile sînt însă... ceasuri ! Unele merg mai bine, adică au un mers constant : variațiile lor, pozitive sau negative, sînt proporționale cu timpul, în timp ce altele au variații chiar de la o oră la alta în ce privește avansul sau întîrzierea — fapt care face necesară o verificare cît mai frecventă a lor. Din acest punct de vedere, ceasurile cu cristal de cuarț sînt preferabile de departe celor cu arc, dată fiind această constanță — au accelerația nulă.

Controlul mersului ceasului trebuie să fie sistematic, adică să fie notat în registrul vostru de observații, pentru a putea determina, din valorile înscrise, care era corecția indicației de oră notate, pentru a determina ora reală a fenomenului observat. Puteți face și altceva. Anume, cînd așteptați să observați un fenomen — o ocultație de stea sau de planetă, o eclipsă a unuiu dintre sateliții planetei Jupiter sau o eclipsă de Soare, controlați cu puțin timp înainte ceasul și notați corecția. Faceți acest lucru și după observarea fenomenului și după aceea veți putea, printr-o simplă interpolare, să găsiți corecția precisă a ceasului, la momentul observației voastre. Singurul impediment este acela că posturile noastre de radio și televiziune nu dau semnale de oră exactă chiar atît de des pe cît vă este necesar ; de aceea, vă recomand să recepționați semnalele de oră exactă emise de o serie de stații de radioemisie atașate unor mari observatoare astronomice de pe glob. Unul dintre ele, puternic și ușor de recepționat, este postul sovietic RWM, care emite pe frecvențele de 4 996 kHz, 9 996 kHz și 14 996 kHz, în fiecare oră — ziua și noaptea, fără întrerupere : între minutele 10 și 20, respectiv 40 și 50, postul emite semnale de secundă. Evident, nu se dau nici un fel de indicații privind ora sau mînutul, ca număr ; dar minutul plin, adică secunda

zero este marcată de un semnal sonor cu durata de 0,5 s, în timp ce secunde sunt marcate prin semnale sonore cu durata de 0,1 s. Înaintea minutelor 15, 20, 45 și 50, semnalele secundelor 55—59 sînt suprimate. Mai ales dacă folosiți un secundometru, puteți să-l puneți în funcțiune cu puțin timp înaintea fenomenului observat, folosind aceste semnale; iar după observație, veți putea din nou face controlul și stabili în acest fel momentul observației, ca oră, cu mare precizie. În orice caz, vă recomand să faceți controale sistematice ale ceasului de care dispuneți, pentru a avea oricînd posibilitatea determinării orei exacte.

În același scop, pot să vă folosească și alte posturi specializate — Roma, Rugby (Greenwich), Poděbrady (R. S. Cehoslovacă), Liblice (R. S. Cehoslovacă), Nauen (R.D. Germană), avînd indicativele și frecvențele de emisie următoare: IAM (5 000 kHz); MSF (2 500, 5 000 și 10 000 kHz); OLB 5 (3 170 kHz); OMA (2 500 kHz). O listă completă, cu orele de emisie și tipul semnalelor, veți găsi în *Anuarul Centrului de Astronomie și Științe Spatiale* din București — în volumul pentru anul 1986, această listă o găsiți la paginile 176—181.

Acum ultima problemă — aceea a elementelor esențiale care trebuie să figureze în sintezele observațiilor de planete. Unele lucruri au fost spuse mai înainte, iar acum se dau, într-un fel, coordonatele generale ale unei asemenea sinteze.

În primul rînd, ca element inițial, vor trebui să apară aici datele esențiale privind condițiile de observație — instrumente utilizate, metodă (desen, fotografie, note fotometrice), condițiile medii de observație — adică date privind astroclimatul mediu (transparență, turbulență), ca și unele elemente cifrice: perioada observațiilor, număr de desene și fotografii (bune !) obținute, numele observatorilor, dacă au fost mai mulți și contribuția lor la lucrare. În continuare, veți intra în fondul analizei, adică veți prezenta elementele caracteristice întregii perioade de observație, potrivit specificului planetei observate. Cele mai importante trăsături sînt cele prezentate în continuare, pentru fiecare planetă accesibilă observațiilor noastre.

MERCUR. Descrierea a tot ceea ce ați observat acolo, cu accentuarea eventualelor apariții de pete strălucitoare sau excesiv de întunecate pe care, poate, le-ați observat. De aseme-

nea, să nu uitați să semnalati dacă ați observat dispariții de detalii întunecate și înlocuirea lor cu pete strălucitoare — semne ale unor furtuni de praf sau alte fenomene produse pe această planetă prfjolită de Soare.

VENUS. Prea puțin de spus în general, în afară de evoluția unor eventuale pete luminoase sau întunecoase, ca și deplasarea lor în raport cu aspectul observat al zonei vizibile. Este de asemenea interesantă surprinderea momentelor cînd aspectul observat este acela al unui semidisc — deci faza de 0,5 —, ca și lungimea coarnelor observabile în raport cu valorile teoretice. În special pentru aceste două elemente se recomandă observarea cu ajutorul filtrelor de diferite culori — roșu, galben, verde, albastru și, eventual, violet.

MARTE. Evoluția în timp a calotei polare — întindere unghiulară, gradul de vizibilitate și de strălucire, apariția unor linii de fractură și vizibilitatea acelei franje întunecate care o conturează și care prezintă intensitate variabilă. Evoluția vizibilității detaliilor întunecate și luminoase pe disc — în special, pe baza acelor cote fotometrice despre care vorbeam mai înainte, ca și pe baza observațiilor efectuate prin intermediul filtrelor colorate. De asemenea, datele privind evoluția norilor galbeni observați acolo — apariție, deplasare, dispariție, ca și elementele caracteristice referitoare la fenomenele cu caracter tranzitoriu pe care le-ați surprins în timpul observațiilor.

JUPITER. Vizibilitatea diferitelor benzi și a duratei în timp a diferitelor detalii pregnante observate în structura lor — pete albe, filamente întunecate; determinarea vitezelor de rotație axială a acestora (fiiți atenți la identificarea lor, ca să fie vorba de aceleași detalii!), prin calculul derivelor în longitudine, așa cum vă spuneam mai înainte. Urmăriți și descrieți vizibilitatea și fenomenele caracteristice Petei Roșii și ale celor trei (sau mai multe, dacă apar) WOS-uri. Dar, în determinarea vitezelor de rotație, nu faceți acest lucru decît dacă aveți cel puțin 4—6 observații ale aceluiași amănunt, iar durata existenței sale a fost de cel puțin 2—8 luni. Dacă aveți, introduceți și rezultatele observațiilor efectuate asupra fenomenelor unor sateliți

ai planetei — eclipse, ocultații, pasaje în dreptul discului planetei.

SATURN. Vizibilitatea detaliilor de pe inele, sau chiar a inelelor, în cazul în care observațiile voastre coincid cu perioada în care planeta noastră traversează planul acestora. Fenomene legate de vizibilitatea detaliilor de pe discul planetei și în special, semnalarea aparițiilor unor pete albe în zona ecuatorială, unde acestea apar mai frecvent.

Celelalte planete ? Le lăsăm pe seama specialiștilor sau a acelor astronomi amatori care dispun de instrumente de peste 75—80 cm diametru — dar nespecialiștii care au astfel de telescoape sînt atît de puțini...

Poate că ar trebui să revin puțin și asupra altor observații — de exemplu, asupra sintezelor privind observațiile solare. Dar pentru ele am spus deja esențialul: calculul mediilor numărului relativ pe luni, rotații solare și ani, măsuri sistematice de poziții de pete, urmărirea evoluției grupurilor de pete mai mari... În orice caz, cel puțin pînă prin anul 1987—1988 nu prea veți avea de lucru: Soarele trece prin perioada de minim a activității sale, maximul următor fiind așteptat pentru anul 1990—1991.

Acum se poate spune că am ajuns la finalul acestui capitol de... veritabilă astrofizică, prin care se completează explicațiile date în *Cerul, o carte pentru toți* (Editura Albatros, 1974). În această direcție, s-a arătat cum poate spori precizia observațiilor, prin utilizarea fotografiei și a densitometrului electronic descris mai înainte; prelucrarea ulterioară o găsiți în *Cerul...*, dar și în alte lucrări.

Iar ca „final al finalului”: unde să trimiteți lucrările, pentru ca ele să-și găsească utilitatea ? Vă recomand să le trimiteți celor mai apropiate Observatoare Populare sau, eventual, Observatorului Popular Bacău, în cadrul căruia activează un mare număr de astronomi amatori. Aici se fac sinteze ale observațiilor făcute local, alături de cele primite de la astronomii amatori din diferite colțuri ale țării. Apoi, datele vor fi trimise diferitelor observatoare astronomice interesate, din țară și de peste hotare.

Capitolul VII

INTILNIRE CU VIITORUL... SAU CALCULUL ORBITELOR ȘI AL EFEMERIDELOR

Am ezitat destul de mult dacă să pun pe hîrtie sau nu cele cuprinse în acest capitol. Motivul ? Este vorba de calcule care, poate, abia peste multă vreme își vor putea găsi utilitatea. În fond, pentru determinări de orbite, pentru calculul efemeridelor există birouri speciale pe lângă marile observatoare astronomice, care publică rezultatele în lucrări de specialitate, în reviste... Așa că ce rost ar mai avea să facem și noi astfel de calcule care, oricum nu pot rivaliza ca precizie cu cele ale observatoarelor dotate cu tot felul de sisteme de calcul electronic și dispunînd de cel mai bogat material observațional cu putință ?

Se poate însă raționa și altfel: dacă unul dintre voi are șansa să descopere o cometă nouă sau un asteroid — nu este cu mult mai bine ca în loc de o comunicare laconică, cu date cu totul nesigure pentru perioada următoare, să comunice o mică efemeridă cît de cît precisă ? Și în aceeași ordine de idei — dacă aflăm despre o astfel de descoperire și nu dispunem de o efemeridă, nu este foarte avantajos ca să ne apucăm să ne-o calculăm singuri ? Dar, în definitiv este oare atît de greu să calculezi orbita unui astru, măcar printr-o metodă cît de cît aproximativă, încît astfel de probleme să rămînă un mister pentru astronomii neprofesioniști ? De ce să nu abordăm subiectul ?

Mi-am propus să dau un asemenea formular de calcul, cu unele exemple, avînd în acest mod și mulțumirea de a face o premieră : încă nu au fost publicate în vreo carte apărută în țara noastră astfel de elemente, în afară de teoria generală și, bine înțeles, în afară de cursurile universitare predate studenților care s-au consacrat astronomiei.

Voi începe cu următoarea problemă : să se determine orbita ciptică urmată de un asteroid — de exemplu — sau o cometă, cunoscînd trei poziții ale astrului în cauză, obținute

din observații. Problema nu este nouă: ea a fost abordată de numeroși astronomi și matematicieni — în particular de către Friedrich Gauss (1777—1855), cu ocazia descoperirii primului asteroid, Ceres, la 1 ianuarie 1801. Se punea problema ca astrul să poată fi regăsit — nefiind vizibil cu ochiul liber — după puține observații. Această problemă a fost rezolvată cu multă eleganță ca tehnică de calcul, de către Gauss. Cu multe simplificări față de forma riguroasă, această metodă o voi prezenta, îndemnându-vă să încercați să o aplicați și voi pentru un caz sau altul. Dar iată în ce constă mecanismul rezolvării problemei.

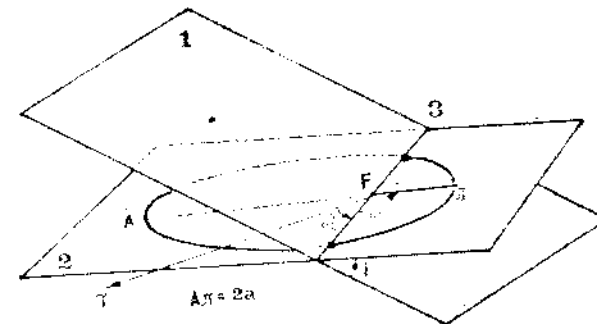
Fie cele trei momente ale observațiilor, t_1 , t_2 și t_3 . În aceste momente, asteroidul observat avea coordonatele ecuatoriale notate în tabelul de mai jos; în aceleași momente, coordonatele rectangulare ale Soarelui, într-un sistem cu originea în centrul Pământului, sint cele înscrise în același tabel.

Momentul observației	Coordonatele ecuatoriale ale asteroidului		Coordonatele rectangulare ale Soarelui		
	α	δ	X	Y	Z
t_1	α_1	δ_1	X_1	Y_1	Z_1
t_2	α_2	δ_2	X_2	Y_2	Z_2
t_3	α_3	δ_3	X_3	Y_3	Z_3

Din aceste elemente — coordonatele ecuatoriale observate de pe Pământ (le presupunem ca fiind geocentrice) și coordonatele rectangulare ale Soarelui, avem de determinat elementele orbitei asteroidului.

Priviți figura 7.1. Aici figurează elementele geometrice ale orbitei eliptice ale unei planete (mari sau mici, nu există nici o deosebire) și anume:

a : semiaxa mare a orbitei, adică semisuma distanțelor periheliului și afeliului orbitei; punctul A marchează afeliul, iar punctul π — periheliul; F este focarul orbitei ocupat de Soare;



7.1 Elementele unei orbite eliptice:

- 1 — planul eclipticii
- 2 — planul orbitei considerate
- 3 — linia nodurilor
- $A\pi$ — axa mare a orbitei
- π — periheliu
- A — afeliu

Ω : înclinarea planului orbitei față de planul eclipticii, care este totdeauna considerat ca plan de referință adică, unghiul dintre cele două plane;

Ω : longitudinea nodului ascendent al orbitei, adică unghiul dintre direcția punctului vernal (γ) și dreapta de intersecție a planului orbitei cu cel al eclipticii, numită linia nodurilor. Nodul ascendent este acela în care orbita astrului trece deasupra planului eclipticii; longitudinea sa se măsoară în sens direct;

ω : argumentul periheliului, adică unghiul dintre linia de intersecție a planelor orbitei și eclipticii și direcția periheliului.

Unghiul se măsoară, de asemenea, în sens direct.

La acestea trebuie să adaug și excentricitatea, care nu este altceva decât raportul dintre semiaxa mare a elipsei și distanța focarului față de centrul elipsei. Și dacă vom lua în considerare și momentul trecerii astrului prin periheliu, moment notat de regulă cu t_0 , am definit elementele Kepleriene ale mișcării eliptice sau, pe scurt, elementele eliptice.

Față de acestea care au, după cum se vede, un caracter geometric, se definesc și elemente dinamice — perioada de revoluție în jurul Soarelui; aceasta are totuși un caracter secundar, odată ce poate fi calculată din valoarea semiaxei mari, pe baza celei de a III-a legi a lui Kepler:

$$P = a^2 \quad (7.1)$$

Ne rămân deci de determinat cele 6 elemente pe care trebuie să le găsim prin calcul; și fără a dezvolta aici toată teoria, expusă în mod cu totul deosebit în lucrarea [5], vă voi da aici formulele de calcul sub o formă sintetică precum și un exemplu concret.

Să revenim la tabelul coordonatelor pe care le-am stabilit mai înainte și să trecem la etapele mecanismului de calcul.

Pentru cele trei momente t_i ($i=1, 2, 3$) calculăm valorile:

$$p_i = \operatorname{tg} \alpha_i; \quad q_i = \sec \alpha_i \operatorname{tg} \delta_i; \quad l_i = \sec \alpha_i \sec \delta_i \quad (7.2)$$

Încă de pe acum vă spun că pe parcurs avem și formule de control care ne dau posibilitatea de a verifica corectitudinea operațiilor efectuate. Astfel, pentru valorile p_i, q_i și l_i avem formula de control:

$$1 + p_i^2 + q_i^2 = l_i^2 \quad (7.3)$$

și o precizare. În cazul în care $\operatorname{tg} \alpha_i \gg 1$, formulele (7.2) devin:

$$p_i = \operatorname{ctg} \alpha_i; \quad q_i = \operatorname{cosec} \alpha_i \operatorname{tg} \delta_i; \quad l_i = \operatorname{cosec} \alpha_i \sec \delta_i \quad (7.4)$$

iar în toate formulele care urmează, litera x se înlocuiește cu litera y .

Dintr-un anuar astronomic, vom extrage coordonatele rectangulare ale Soarelui, la momentele observațiilor (evident, vom face interpolarea valorilor — în anuare ele fiind indicate pentru orele 0^h TU). Odată terminată această operație, calculăm valorile:

$$a_i = p_i X_i - Y_i \quad \text{și} \quad b_i = q_i X_i - Z_i \quad (7.5)$$

Se poate să nu aveți posibilitatea de a obține coordonatele rectangulare ale Soarelui; în acest caz le putem calcula

și singuri, cu o mică aproximație, prin grupul de formule de mai jos:

$$\begin{aligned} X_\odot &= \rho \cos \lambda_\odot \cos \beta_\odot \\ Y_\odot &= \rho \sin \lambda_\odot \cos \beta_\odot \\ Z_\odot &= \rho \sin \beta_\odot \end{aligned} \quad (7.6)$$

Iar dacă nu căutăm o precizie prea mare, putem considera $\beta_\odot = 0$.

La rândul lor, valorile ρ (raza vectoriale Soare—Pământ) și $\lambda_\odot$ longitudinea Soarelui pot fi calculate prin formulele:

$$\begin{aligned} \rho &= 1,00014 - 0,01673 \cos l' - 0,00014 \cos 2l' \\ \lambda_\odot &= l' + 1^\circ,9171 \sin l' + 0^\circ,0200 \sin 2l' + 0^\circ,0003 \sin 3l' \end{aligned} \quad (7.7)$$

$$\begin{aligned} \text{unde } l' &= FL(FLR) \quad T \rightarrow TJC \\ l' &= 358^\circ 28' 33'',00 + 1^\circ 295' 965'' 79'',10 T - 0'',54 T^2 \end{aligned} \quad (7.8)$$

în care T este socotit în secolii iulieni de 36525 zile, cu începere de la 1 ianuarie 1900, orele 0^h TU. De exemplu, pentru 1 ianuarie 1985, $T=0,85$. Cit privește parametrul $l' = L + 180^\circ$; L , care este longitudinea mijlocie a Pământului în orbită se calculează prin:

$$L = 100^\circ,00532 + 359^\circ,9937288 \cdot t \quad (7.9)$$

unde t este momentul pentru care se caută valoarea lui L , exprimat în zile iuliene (JD) — pe care le găsiți în *Anuarul astronomic* — și calculabil prin formula:

$$t = \frac{\text{JD} - 2\,433\,282}{365,25} \quad (7.10)$$

În acest mod, cu unele calcule suplimentare, ne calculăm valorile $X_\odot$ și $Y_\odot$ ($Z_\odot=0$), necesare diferitelor determinări. Să revenim însă la calculele noastre; etapa următoare o constituie calcularea următoarelor valori:

$$d_2 = 2(p_2 a_2 + q_2 b_2) \quad e_2^2 = a_2^2 + b_2^2 \rightarrow E \quad (7.11)$$

$$E = (p_2 - p_3)(q_3 - q_1) - (q_2 - q_3)(p_3 - p_1) \quad (7.12)$$

$$F_i = a_i(q_3 - q_1) - b_i(p_3 - p_1) \quad (i=1, 2, 3) \quad (7.13)$$

Controlul corectitudinii valorilor calculate se face prin formula :

$$F_1 + F_2 + F_3 + E = (a_1 + a_2 + a_3 + p_2 - p_3)(q_3 - q_1) - (b_1 + b_2 + b_3 + q_2 - q_3)(p_3 - p_1). \quad (7.14)$$

Eta pa următoare o constituie calculul următoarelor valori, legate direct de momentele celor trei observații :

$$CZ(1) \leftarrow c_1^0 = \frac{t_3 - t_2}{t_3 - t_1}; \quad c_3^0 = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1} \quad (7.15)$$

$$\tau_1 = k(t_3 - t_2) \quad \tau_2 = k(t_3 - t_1) \quad \tau_3 = k(t_2 - t_1) \quad (7.16)$$

$\rightarrow$ GAUSS $v_1 = \frac{1}{6} \tau_1 \tau_3 (1 - c_1^0) \quad v_3 = \frac{1}{6} \tau_1 \tau_3 (1 + c_3^0)$
 RNIU $v_2 = \frac{5}{48} \tau_2^2 \quad (7.17)$

pentru care avem formula de control de mai jos :

$$\frac{1}{3} (v_1 + v_3) = \frac{1}{6} \tau_1 \tau_3 \quad (7.18)$$

și unde k , numită constanta lui Gauss, are valoarea :

$$k = 0.0172021 \dots$$

adică valoarea în radiani a unghiului de $3\,548''.18761$.

Și acum, dacă etapele precedente au fost, pur și simplu, laborioase (un mic calculator este de o inestimabilă valoare !), etapa următoare este cea mai dificilă : este vorba de rezolvarea unui sistem de două ecuații cu două necunoscute, avînd o formă destul de complicată :

$$\begin{cases} x_2 = A + \frac{B}{r_2^2} \left(1 + \frac{v_3}{r_2^2} \right) \\ r_2^2 = (x_2^2 + d_c^2) x_2 + c_2^2 \end{cases} \quad (x_1, r_1) \quad (7.19)$$

Nu vă speriați totuși de acest sistem ! Ne vom baza în rezolvare pe un mic raționament și pe un artificiu simplu de calcul. Într-adevăr, în sistemul de mai sus, x_2 semnifică

abscisa asteroidului într-un sistem de coordonate rectangulare heliocentrice (adică, cu centrul în Soare), exprimată în unități astronomice. De aici, posibilitatea de a lua, pentru început, o valoare aproximativă rezonabilă ; și fiind vorba de un asteroid, este bine ca valoarea inițială să fie cuprinsă între 1,5 și 2. Și spun „pentru început” din cauză că vom rezolva sistemul prin introducerea mai întâi a valorii alese. Procesul, bine cunoscut de voi, este acela al iterației ; mai precis, iată procedeul.

Fie prima valoare pentru x_2 , valoarea $(x_2)_0$; o introducem în cea de a doua ecuație (7.19) și vom calcula astfel o valoare r_2 pe care o vom nota cu $(r_2)_0$.

Cu această valoare pentru r_2 , vom determina prin ecuația primă din sistemul nostru (7.19) o nouă valoare pentru x_2 , pe care o vom nota cu $(x_2)_1$. Repetăm procedeul de mai înainte — anume, introducem valoarea $(x_2)_1$ în cea de a doua ecuație din sistem și vom calcula astfel o nouă valoare pentru r_2 , notată corespunzător, cu $(r_2)_1$; în fine, prin același mecanism, vom calcula alte două valori $(x_2)_2$ și $(r_2)_2$, care vor fi diferite de cele precedente.

Pentru a găsi valorile cele mai probabile, ar trebui să continuăm iterațiile ; un calculator electronic ne-ar fi de mare ajutor în efectuarea operațiilor. Dar, după calcularea valorilor de indice 2, putem aplica o formulă finală directă și anume, să notăm cu $X_1 = (x_2)_1$ și cu $X_2 = (x_2)_2$; în acest caz $X_3 = (x_2)_3$, ca valoarea cea mai apropiată de realitate, poate fi calculată prin formula :

$$X_3 = X_2 - \frac{(X_2 - X_1)^2}{X_2 - 2X_1 + (x_2)_0}. \quad (7.20)$$

Cu valoarea $X_3 = (x_2)_3$ calculăm imediat pe $(r_2)_3$ și mergem mai departe. Este de remarcat faptul că, într-un calcul aproximativ, la nevoie ne putem limita la numai două zecimale (diferite de zero) ; este însă preferabil să avem mai multe zecimale semnificative, pentru un calcul mai precis.

Eta pa următoare o constituie calculul următoarelor elemente :

$$c_1 = c_1^0 + \frac{v_1(x_2 - A)}{B}; \quad c_2 = c_2^0 + \frac{v_3(x_2 - A)}{B} \quad (7.21)$$

și

$$x_1 = \frac{(q_2 - q_1)x_2 + c_1b_1 - b_2 + c_3b_3}{c_1(q_3 - q_1)}; \quad x_3 = \frac{x_2 - c_1b_1}{c_3} \quad (7.22)$$

în care, valorile A și B sunt calculate prin :

$$A = \frac{c_1^2 F_1 - F_2 + c_3^2 F_3}{E}; \quad B = \frac{v_1 F_1 + v_3 F_3}{E} \quad (7.23)$$

Cu aceste valori, calculăm în același sistem rectangular, elementele

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= p_1 x_1 + a_1 & z_1 &= q_1 x_1 + b_1 \\ y_2 &= p_2 x_2 + a_2 & z_2 &= q_2 x_2 + b_2 \\ y_3 &= p_3 x_3 + a_3 & z_3 &= q_3 x_3 + b_3 \end{aligned} \right\} \quad (7.24)$$

Un control al corectitudinii acestor valori — care sînt, după cum vă spuneam, coordonatele rectangulare heliocentrice ale astrului la momentele observațiilor noastre — se face prin formulele de mai jos :

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= c_1 x_1 + c_3 x_3 & y_2 &= c_1 y_1 + c_3 y_3 & z_2 &= c_1 z_1 + c_3 z_3 \\ r_2^2 &= x_2^2 + y_2^2 + z_2^2 \end{aligned} \right\} \quad (7.25)$$

După controlul de rigoare efectuat prin formulele (7.25) calculăm valorile :

$$\left. \begin{aligned} r_1 &= \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2} & r_3 &= \sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2} \\ B_x &= y_1 z_3 - y_3 z_1 & B_y &= z_1 x_3 - z_3 x_1 & B_z &= x_1 y_3 - x_3 y_1 \\ B &= \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} & J &= x_1 x_3 + y_1 y_3 + z_1 z_3 \end{aligned} \right\} \quad (7.26)$$

după care facem un nou control, prin formula :

$$B^2 + J^2 = r_1^2 \cdot r_3^2 \quad (7.27)$$

De acum începem, rînd pe rînd, să calculăm elementele propriu-zise ale orbitei. Astfel, în primul rînd, vom găsi, valorile pentru longitudinea nodului ascendent al orbitei respectiv pentru înclinarea planului orbitei pe planul eclipticii :

$$\Omega = \arctg \frac{-B_x}{(B_y \cos \varepsilon + B_z \sin \varepsilon)} \quad (7.28)$$

$$\varepsilon = 23^\circ 43' 28''$$

unde ε este înclinarea planului eclipticii pe planul ecuatorialului ; valorile liniilor trigonometrice ale unghiului ε sînt :

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 23^\circ 26' 31'' & \sin \varepsilon &= 0,3979103 & \cos \varepsilon &= 0,9174243 \end{aligned} \quad (7.29)$$

$$i = \arcsin \frac{B_x}{B \sin \Omega} \text{ sau } i = \arctg \frac{B_x}{(B_x \cos \varepsilon - B_y \sin \varepsilon) \sin \Omega}$$

Etapa următoare o constituie calcularea următoarelor expresii :

$$\begin{aligned} \tau_2 &= k(t_2 - t_1); & \chi^2 &= 2(r_1 r_3 + J); & \chi &= \frac{r_1 + r_3}{2\chi^2} - \frac{1}{2} \\ \chi &\rightarrow HI = \chi^1 & m &= \frac{\tau_2^2}{Z^3} & b &= \frac{11}{9}m \\ & & & & & \frac{5}{6} + b \end{aligned} \quad (7.30)$$

și apoi a valorii $\bar{y}$ prin fracția continuă :

$$\bar{y} = 1 + \frac{10}{11} \cdot \frac{b}{1 + \frac{b}{1 + \frac{b}{1 + b}}} \quad (7.31)$$

Un algoritm simplu pentru calculul acestei fracții continue poate fi aplicat pe orice minicalculator care are două blocuri de memorie, cel puțin ; iată un astfel de algoritm :

- Se memorează valoarea b în memoria 1 : STO 1 $\rightarrow b$ și valoarea $(1+b)$ în memoria 2 : STO 2 $\rightarrow (1+b)$
- Se trece la aplicarea algoritmului :

$$\begin{aligned} \text{RCL } 1 : \text{RCL } 2 &= +1 \rightarrow \text{STO } 2 \\ \text{RCL } 1 : \text{RCL } 2 &= +1 \rightarrow \text{STO } 2 \end{aligned}$$

Este mai mult decât suficientă aplicarea algoritmului în această formă de 4-5 ori: se obține valoarea fracției propriu-zise cu 6 zecimale exacte. După aceea, se face înmulțirea cu fracția 10/11, se adună unitatea și se obține valoarea parametrului p , necesar calculelor următoare. Dar, chiar dacă nu dispuneți de un calculator electronic, este de ajuns să „traduceți” algoritmul în următorul șir de iterații, care și el va fi aplicat de 4-6 ori:

$$1) b : (1+b) = A$$

$$2) b : (1+A) = B$$

$$3) b : (1+B) = C$$

ș.a.m.d. Indiferent însă de procedeu, după calcularea valorii coeficientului b , găsim valoarea parametrului p al orbitei prin expresia:

$$p = \frac{r_1 r_2}{1 + e} \quad (7.32)$$

Calculul excentricității orbitei, e , se face pe baza valorilor calculabile în prealabil, prin formulele de mai jos:

$$R.F. \quad \begin{cases} f_1 = p - r_1 \\ f_2 = p - r_2 \end{cases} \quad \begin{cases} g_1 = \frac{f_1^2 - f_2^2}{B} \\ g_2 = \frac{f_1^2 - f_2^2}{B} \end{cases} \quad (7.33)$$

și cu ajutorul cărora avem două formule de calcul pentru excentricitatea orbitei:

$$E.C.C.E.V. \quad e = \frac{1}{r_1} \sqrt{f_1^2 + g_1^2} \quad \text{sau} \quad e = \frac{1}{r_2} \sqrt{f_2^2 + g_2^2} \quad (7.34)$$

Corectitudinea calculelor se verifică ușor, prin egalitatea valorilor obținute pentru parametrul e prin aplicarea celor două formule. În continuare însă calculăm imediat valoarea semiaxei mari a orbitei astrului:

$$S.E.V. \quad a = \frac{p}{1 - e^2} \quad (7.35)$$

și mai departe, anomalile excentrice E_1 și E_2 pentru momentele t_1 și t_2 :

$$E_1 = \arctg \frac{g_1}{(a - r_1)\sqrt{1 - e^2}}; \quad E_2 = \arctg \frac{g_2}{(a - r_2)\sqrt{1 - e^2}} \quad (7.36)$$

precum și mărimile:

$$e \sin E_1 = \frac{g_1}{b}; \quad e \sin E_2 = \frac{g_2}{b} \quad (7.37)$$

în care b este semiaxa mică a orbitei astrului: $b = a\sqrt{1 - e^2}$.

Din aceste valori calculăm anomalile medii pentru aceleași momente t_1 și t_2 :

$$M_1 = E_1 - e^2 \sin E_1; \quad M_2 = E_2 - e^2 \sin E_2 \quad (7.38)$$

unde $e^2 = e \cdot 57^\circ,295779$.

Miscarea medie diurnă, n , poate fi acum calculată prin două formule diferite:

$$n = \frac{M_2 - M_1}{t_2 - t_1} \quad \text{sau} \quad n = \frac{0^\circ,98560767}{a\sqrt{a}} \quad (7.39)$$

valorile găsite trebuind să fie egale sau, cel puțin, foarte apropiate.

Ne mai rămâne acum să calculăm cel de-al șaselea element al orbitei și anume, longitudinea periheliului, ω . Pentru aceasta, calculăm în prealabil parametrii următori:

$$\begin{aligned} \text{C.V.A.R.} \quad e &= \frac{f_1}{r_1^2} \quad \zeta_s = \frac{g_1}{r_1^2} \\ \text{R.K.Y.} \quad k_y &= \frac{B_y}{B} x_1 - \frac{B_x}{B} z_1 \quad k_z = \frac{B_z}{B} y_1 - \frac{B_y}{B} x_1 \quad (7.40) \\ \text{P.V.} \quad P_s &= y_1 c - k_y s \quad Q_s = y_1 s + k_y c \\ P_z &= z_1 c - k_z s \quad Q_z = z_1 s + k_z c \end{aligned}$$

și de aici valoarea unghiului:

$$\text{P.E.V.} \quad \omega = \arctg \frac{P_s \cos \varepsilon - P_z \sin \varepsilon}{Q_s \cos \varepsilon - Q_z \sin \varepsilon} \quad (7.41)$$

$2^h.5495852; 2^m.109769; 1^s.9100922$

Presupun că, în pofida numărului relativ important de calcule, determinarea unei orbite eliptice nu vi se va părea prea complicată. Mai mult, ca să aveți și un exemplu care să vă ajute într-o determinare oarecare, vă dau în continuare un exemplu referitor la calculul elementelor orbitei asteroidului (2) Pallas, pe baza a trei observații. Evident, niște diferențe față de elementele „oficiale” apar, ca urmare a faptului că am considerat numai trei observații — în timp ce elementele publicate în lucrările de specialitate sînt rezultatul a sute și chiar mii de observații, corectate de perturbații și alte elemente secundare. Cu toate acestea veți constata că diferențele sînt foarte mici, ceea ce îndreptățește aplicarea metodei *simplificate* de mai înainte, cînd este nevoie de așa ceva. Veți remarca faptul că toate valorile de unghiuri le-am exprimat în grade și fracțiuni zecimale de grad — se lucrează mai ușor...

(2) PALLAS

	l_i	b_i	δ_i	X_i
1980 oct. 21	$2^h 54^m 58.5672^s$			
	$10,906856$	$38^{\circ}24'37.78''$	$-17^{\circ}95'23.15''$	$-0,953970$
nov. 19	$2^h 56^m 35.1656^s$			
	$14,818472$	$31,646536$	$-25,258793$	$-0,6064974$
dec. 19	$2^h 55^m 36.3319^s$			
	$15,821099$	$28,651383$	$-25,454752$	$-0,1099151$

	Y_i	Z_i
1980 oct.		
	$-0,2725860$	$-0,1181847$
nov.		
	$-0,7167957$	$-0,3108018$
dec.		
	$-0,8972283$	$-0,3890441$

$t_2 - t_1 = 34,911646$ zile $t_3 - t_1 = 31,002627$ zile

$t_3 - t_2 = 65,914294$ zile

$t_1 = 2444524,456856$
 $t_2 = 2444509,68772$
 $t_3 = 2444490,071099$

$T(1) = 2444523,406812$

$T(2) = 2444158,318472$

$T(3) = 2444559,111099$

$$p_i = \operatorname{tg} \alpha_i \quad q_i = \sec \alpha_i \operatorname{tg} \delta_i \quad l_i = \sec \alpha_i \sec \delta_i$$

p_1	$0,7881604$	q_1	$-0,4125367$	l_1	$1,3384257$
p_2	$0,6163243$	q_2	$-0,5542319$	l_2	$1,2988567$
p_3	$0,5463817$	q_3	$-0,5424246$	l_3	$1,2620449$

Controlul dă diferențe de numai $1 \cdot 10^{-7}$

$$a_i = p_i X_i - Y_i \quad b_i = q_i X_i - Z_i \quad F_i$$

a_1	$-0,4785072$	b_1	$0,5113198$	F_1	$+0,1857785$
a_2	$+0,3429966$	b_2	$0,6469420$	F_2	$+0,1118637$
a_3	$+0,8371727$	b_3	$0,4486648$	F_3	$-0,0002610$
d_1	$-0,2943175$	E	$-0,0119395$		
e_1^2	$0,5361806$				

Controlul dă diferențe mai mici de $5 \cdot 10^{-8}$

c_1^0	$-0,4703475$	c_2^0	$0,5296524$
τ_1	$0,5333102$	τ_2	$1,1338642$
ν_1	$0,0784875$	ν_2	$0,0816532$
		ν_3	$0,1339216$

Controlul dă diferențe egale cu $2,0 \cdot 10^{-8}$.

Coeficienții A și B din sistemul de ecuații (7.19):

$$A = 2,0623548, \quad B = -1,2194797$$

Cu aceste valori, sistemul de ecuații se va scrie:

$$\begin{cases} x_2 = 2,0623548 - \frac{1,2194797}{r_2^3} \left(1 + \frac{0,1339216}{r_2^3} \right) \\ r_2^3 = (1,6870287 x_2 - 0,2943175) x_2 + 0,5361806 \end{cases}$$

Aplicarea metodei iterației dă următoarele valori succesive:

$(x_2)_0 = 2,00$	$(r_2)_0 = 2,5875974$
$(x_2)_1 = 1,991425$	$(r_2)_1 = 2,5769057$
$(x_2)_2 = 1,9905316$	$(r_2)_2 = 2,5757920$

iar aplicarea formulei pentru determinarea valorilor $(x_2)_3$ și $(r_2)_3$ dă ca valori finale:

$$(x_1)_3 = 1,9904276, \quad (r_2)_3 = 2,5756628,$$

în timp ce continuarea operației de iterație dă ca valori finale, la cea de a șasea iterație :

$$(x_2)_6 = 1,9904266; \quad (r_2)_6 = 2,5756611,$$

deci cu diferențe cu totul neglijabile.

$$\begin{aligned} \checkmark c_1 &= 0,4749769 & \checkmark c_2 &= 0,5344685 \\ \checkmark x_1 &= 2,2819316 & \checkmark y_1 &= 1,3200209 & \checkmark z_1 &= -0,4800607 \\ \checkmark x_2 &= 1,9904266 & \checkmark y_2 &= 1,5697448 & \checkmark z_2 &= -0,452159 \\ \checkmark x_3 &= 1,6961931 & \checkmark y_3 &= 1,7639415 & \checkmark z_3 &= -0,4713926 \end{aligned}$$

Formulele de control dau diferențe cuprinse între $2,08 \cdot 10^{-8}$ pentru x_2 și $5,8 \cdot 10^{-8}$ pentru y_2 — ceea ce poate fi considerat ca un rezultat suficient de precis.

$$\begin{aligned} \checkmark r_1 &= 2,6710707 & \checkmark r_2 &= 2,4921418 \\ \checkmark B_x &= 0,1863544 & \checkmark B_y &= 0,3462183 & \checkmark B_z &= 1,7861835 \\ \checkmark B &= 1,8245303 & \checkmark J &= 6,4017634 \end{aligned}$$

Controlul valorilor pune în evidență diferențe de $4,4 \cdot 10^{-5}$. Pentru longitudinea nodului ascendent se găsește valoarea :

$$\checkmark \Omega = 172^\circ 26' 45'' , 47 = 172^\circ , 446,$$

iar pentru înclinarea planului orbitei pe planul ecliptic se găsește :

$$\checkmark i = 34^\circ 38' 41'' , 17 = 34^\circ , 645$$

Trecem la calculul celorlalți parametri și anume :

$$\begin{aligned} \checkmark a &= 5,1104697, & \checkmark l &= 0,005160268, & \checkmark m &= 0,0096825185, \\ \checkmark b &= 0,014040741, \end{aligned}$$

și prin calculul fracției continue (7.31), găsim valoarea lui $\bar{p}$, $\checkmark \bar{p} = 1,0125899$, și apoi valoarea parametrului orbitei, $\checkmark p = 2,6548947$.

Mai departe, găsim următoarele valori :

$$\begin{aligned} \checkmark f_1 &= -0,016176 & \checkmark g_1 &= -0,6931837 \\ \checkmark f_2 &= 0,1627529 & \checkmark g_2 &= -0,6261178 \end{aligned}$$

Excentricitatea, calculată prin ambele formule indicate (7.34) este, cu diferență mai mică de $1 \cdot 10^{-4}$:

$$\checkmark e = 0,2595859 \text{ sau rotunjit, } e = 0,2596,$$

iar semiaxa mare a orbitei are valoarea :

$$\checkmark a = 2,847 \text{ UA (unități astronomice),}$$

în timp ce semiaxa mică are valoarea :

$$= 2,749 \text{ UA (unități astronomice).}$$

Calculul anomaliilor excentrice și medii ne dă următoarele rezultate :

$$\begin{aligned} \checkmark E_1 &= -76^\circ 24' 40,3 & \checkmark E_2 &= -61^\circ 32' 57,49 \\ \checkmark M_1 &= -61^\circ 80' 24,97 & \checkmark E_3 &= -48^\circ 27' 6,59 \end{aligned}$$

Controlul pentru valorile găsite evidențiază diferențe mai mici de $1,4 \cdot 10^{-7}$ în valoare absolută. Și de aici, diferențele mici care apar la calcularea mișcării medii diurne :

$$\checkmark n = 0^\circ , 20520441 \text{ sau în valoare rotunjită, } n = 0^\circ , 2052.$$

Pentru ultimul element necesar, longitudinea periheliului, rezultatele aplicației numerice sînt :

$$\begin{aligned} \checkmark s &= -0,0087341 & \checkmark s &= -0,3742798 \\ \checkmark k_v &= 2,2661115 & \checkmark k_z &= -0,3343632 & \checkmark P_v &= 0,8366305 \\ \checkmark P_s &= -0,1213891 & \checkmark Q_v &= -0,4742647 & \checkmark Q_s &= 0,1580426 \end{aligned}$$

Și pentru aceste valori există formule de control, pe care nu le-am indicat, ca urmare a faptului că, odată ajuns în această fază, nu mai pot apărea erori semnificative. Astfel, indicația corectitudinii este dată de relațiile :

$$\left. \begin{aligned} P_s^2 + P_v^2 + P_z^2 &= 1 \text{ și } Q_s^2 + Q_v^2 + Q_z^2 = 1 \\ P_s Q_s + P_v Q_v + P_z Q_z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7.42)$$

Dar noi nu am calculat parametrii P_x și Q_x pentru coordonata x (care se calculează prin formule analoage celor pentru coordonatele y și z), astfel că nu am mai socotit necesară indicarea lor; am să vă spun, totuși, că rezultatele calculului sînt în limitele erorilor admisibile, adică nu depășesc $1 \cdot 10^{-5}$ în valoare absolută. În orice caz, longitudinea periheliului, calculată prin formula (7.41) are ca rezultat:

$$\omega = 306^\circ,823.$$

Iată acum, cu titlu de verificare, o comparație între valorile calculate din cele trei observații și valorile publicate în lucrările de specialitate, pe baza miilor de observații.

Parametru	Calculate din trei observații	Publicate	Diferențe calc.-publ.
a	2,847	2,769	+0,078
e	0,260	0,235	+0,025
ω	$306^\circ,82$	$310^\circ,0$	$-3^\circ,10$
i	$34^\circ,6$	$34^\circ,8$	$-0^\circ,2$
Ω	$172^\circ,45$	$173^\circ,0$	$-0^\circ,55$
n	$0^\circ,205$	$0^\circ,214$	$-0^\circ,009$

Perioada de revoluție siderală 4 ani 294 zile 4 ani 222 zile +0 ani 72 zile

Se vede că diferențele sînt destul de mici — multe dintre ele fiind chiar nesemnificative. În orice caz, dacă va fi cazul să găsiți un astru nou și pe baza observațiilor să dați o orbită preliminară, rezultatele voastre nu vor fi criticate de nimeni, ci, dimpotrivă, vor fi apreciate la justa lor valoare.

Să ne punem însă acum problema inversă — aceea a calculării unei efemeride, adică a pozițiilor care vor fi ocupate de astrul în cauză, definite prin coordonate ecuatoriale, atunci cînd cunoaștem elementele orbitei. Acest calcul este indispensabil: de exemplu, dacă ați obținut cele trei observații necesare calculului orbitei aproximative, apoi este imperios necesar să indicați și o efemeridă cît de cît, pentru ca și alți observatori să poată găsi astrul în cauză. Notățiile fiind cele indicate anterior, trebuie să vă spun că problema nu este deloc mai complicată decît cea pe care am rezolvat-o mai înainte; se poate spune chiar că este mai simplă, în

special în ce privește volumul calculului. Să vă mai spun că formularul de calcul poate fi chiar exprimat într-un program pentru un mic calculator programabil? Am făcut și eu un astfel de program, pentru un calculator TEXAS TI 57 și rezultatele au fost mai mult decît mulțumitoare. Singura etapă mai dificilă — dacă se poate spune așa — este rezolvarea „ecuației lui Kepler”, ecuație transcendentă, care se rezolvă prin aproximații succesive. Dar iată în continuare acest formular de calcul, ca și un exemplu extras dintr-o lucrare similară celei de față.

Cunoscînd valoarea perioadei siderale de revoluție, P , a astrului, mișcarea mijlocie diurnă este dată de formula:

$$n = \frac{360^\circ}{P} \quad (7.43)$$

unde P este exprimat în zile solare mijlocii (1 an = 365,25 zile). Dacă la momentul t_1 astrul se găsește în punctul P_1 , unghiul POP_1 are ca valoare

$$POP_1 = n(t_1 - t_0) \quad (7.44)$$

unde t_0 este momentul trecerii la periheliu (el este publicat printre elementele orbitei). Acest unghi este, după cum știm, anomalia medie M la momentul t_1 . De aici, putem calcula anomalia excentrică E și anomalia adevărată, v , prin formulele:

$$\left. \begin{aligned} E - e \sin E &= M \\ \tan \frac{v}{2} &= \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E}{2} \end{aligned} \right\} (E, v) \quad (7.45)$$

unde e este excentricitatea orbitei. Prima formulă (7.45) este celebra „ecuație a lui Kepler”. a cărei rezolvare, departe de a fi complicată, este doar laborioasă, ca urmare a aproximațiilor succesive ce trebuie efectuate. Astfel, în efemeride, se dă o valoare M cunoscută sub numele de anomalie medie la epocă — ea fiind indicată pentru o anumită dată.

Să notăm această valoare cu E_0 , adică să punem $E_0 = M$. În acest caz, introducînd valoarea E_0 în ecuația lui Kepler (7.45), vom scrie:

$E_1 = e^\circ \sin E_1 + M_1$ M_1
unde $e^\circ = e \cdot 57'.2958$ — E_1 urmind a fi exprimat in grade.
Cu valoarea E_1 ne întoarcem la ecuația lui Kepler și scriem acum :

$$E_2 = e^\circ \sin E_1 + M_1$$

și așa mai departe

$$E_{k+1} = e^\circ \sin E_k + M_1$$

pină ce vom găsi două valori egale între ele

$$E_{k+p} = E_{k+p-1}$$

cu o precizie pe care o stabilim noi — la cea de a patra, a cincea sau a șasea zecimală semnificativă. Trecind însă în continuare la calculele propriu-zise, determinăm acum valoarea anomaliei medii M_1 la momentul t_1 :

$$M_1 = M_0 + n(t_1 - t_0) \quad (7.46)$$

Dacă $t_1 < t_0$, calculăm pe M_1 cu aceeași expresie, dar avem grijă să scădem din M_0 valoarea $n(t_1 - t_0)$ care, evident devine negativă și în continuare mărim valoarea obținută cu 360° , prin simplă adunare.

Rezolvarea ecuației lui Kepler poate fi făcută și prin alte metode — de exemplu, printr-o dezvoltare în serie (atenție, matematicieni !). În orice caz, după rezolvarea ei, trecem să calculăm cosinuşii directori ai orbitei, $P_2, P_3, \dots, Q_2$; pentru aceasta, vom calcula mai întâi coeficienții necesari acestui calcul :

$$\begin{aligned} A_1 &= \cos \Omega & A_2 &= -\cos i \sin \Omega \\ B_1 &= \sin \Omega \cos \varepsilon & B_2 &= \cos i \cos \Omega \cos \varepsilon - \sin i \sin \varepsilon \\ C_1 &= \sin \Omega \sin \varepsilon & C_2 &= \cos i \sin \Omega \sin \varepsilon + \sin i \cos \varepsilon \end{aligned} \quad (7.47)$$

și după calculul acestor coeficienți, determinăm valorile cosinuşilor directori prin formulele :

$$\begin{aligned} P_2 &= A_1 \cos \omega + A_2 \sin \omega & Q_2 &= A_2 \cos \omega - A_1 \sin \omega \\ P_3 &= B_1 \cos \omega + B_2 \sin \omega & Q_3 &= B_2 \cos \omega - B_1 \sin \omega \\ P_4 &= C_1 \cos \omega + C_2 \sin \omega & Q_4 &= C_2 \cos \omega - C_1 \sin \omega \end{aligned} \quad (7.47')$$

Aici intervine prima formulă de control — o adevărată piatră de încercare pentru corectitudinea calculelor efectuate pînă acum ; în măsura în care proba este trecută, ne mai rămîne destul de puțin de făcut ; iată însă formulele de control :

$$P_2^2 + P_3^2 + P_4^2 = 1 \quad Q_2^2 + Q_3^2 + Q_4^2 = 1 \quad P_2 Q_2 + P_3 Q_3 + P_4 Q_4 = 0 \quad (7.48)$$

Nu trebuie să fiți descurajați dacă nu veți obține exact valorile de control — unitatea sau egalitatea riguroasă cu zero : mici diferențe de ordinul a cîtorva unități înmulțite cu 10^{-6} sau 10^{-8} pot fi considerate ca normale și fără mare importanță în aceste calcule. De aici, după ce am efectuat controlul, trecem la calcularea coordonatelor rectangulare heliocentrice ale astrului la momentul stabilit t_1 , prin formulele :

$$\begin{aligned} R(1) & \leftarrow x = a P_2 (\cos E - e) + a Q_2 \sqrt{1 - e^2} \sin E \\ R(1) & \leftarrow y = a P_3 (\cos E - e) + a Q_3 \sqrt{1 - e^2} \sin E \\ R(1) & \leftarrow z = a P_4 (\cos E - e) + a Q_4 \sqrt{1 - e^2} \sin E \end{aligned} \quad (7.49)$$

Facem acum o translație de origine a coordonatelor, din centrul Soarelui în centrul Pămîntului, obținînd coordonatele rectangulare geocentrice ale astrului, pe care le notăm cu X, Y și Z ; de remarcat faptul că coordonatele rectangulare geocentrice ale Soarelui — X_0, Y_0 și Z_0 — le vom extrage dintr-un almanah astronomic sau, la nevoie, le vom calcula noi, cu ajutorul formulelor deja indicate mai înainte. Vom avea :

$$\begin{aligned} X &= x + X_0 \\ Y &= y + Y_0 \\ Z &= z + Z_0 \end{aligned} \quad (7.50)$$

Și acum, ultima operație — transformarea coordonatelor rectangulare în coordonatele ecuatoriale căutate :

$$\begin{aligned} \alpha &= \arctg \frac{Y}{X} & \delta &= \arctg \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \end{aligned} \quad (7.51)$$

Astfel am calculat coordonatele ecuatoriale geocentrice ale astrului, la un moment dat ; evident, asemănător putem calcula aceste coordonate pentru un interval oarecare — de exemplu, pentru două sau trei luni de zile, din 10 în 10 zile, stabilind o adevărată efemeridă pentru observațiile viitoare. Așa cum v-am promis, vă dau aici și un exemplu de calcul, spre a vedea că el nu este atât de complicat pe cât pare la prima vedere.

Se dau elementele unui asteroid, după cum urmează

$$a=2,718 \text{ UA} \quad \omega = ?$$

$$e=0,29039 \quad \omega = 170^\circ, 20389$$

$$i=10^\circ, 136111$$

$$\Omega=157^\circ, 249722$$

$$M=350^\circ, 01 \rightarrow (t_0=1936, \text{ august } 16, 9900)$$

$$n=0^\circ, 219916$$

și se cer coordonatele ecuatoriale α și δ la data de 17 septembrie 1936, la orele 21^h43^m TC.

Aplicarea formulelor date mai înainte (7.42—7.51) ne dau următoarele rezultate.

$$t_1 - t_0 = 31,915 \text{ zile}$$

$$M_1 = 350^\circ, 01 + 0^\circ, 219916 \times 31,915 = 357^\circ, 02861 = -2^\circ, 97139$$

Scriem și rezolvăm ecuația lui Kepler ($e^0=0,29039 \times \times 57^\circ, 295779 \Rightarrow 16^\circ, 638121$)

$$E - e^0 \sin E = -2^\circ, 97139 = M_1 \quad (\sin E_0 = \sin M_1)$$

$$E_0 = -2^\circ, 97139$$

$$E_1 = 16^\circ, 638121 \sin (-2^\circ, 97139) - 2^\circ, 97139 = -3^\circ, 8338652$$

$$E_2 = 16^\circ, 638121 \sin (-3^\circ, 8338652) - 2^\circ, 97139 = -4^\circ, 0838754$$

$$E_3 = 16^\circ, 638121 \sin (-4^\circ, 0838754) - 2^\circ, 97139 = -4^\circ, 1563026$$

$$E_4 = -4^\circ, 1772804$$

$$E_5 = -4^\circ, 1833561$$

$$E_6 = -4^\circ, 1851157$$

$$E_7 = -4^\circ, 1856253$$

$$E_8 = -4^\circ, 1858330$$

procedem astfel

și ne putem opri aici ; o iterație în continuare ne duce la valori și mai precise, dar la gradul nostru de precizie, nu este necesară o astfel de exactitate. Dacă vrei, la valoarea lui E_{14} se ajunge la egalitate cu valoarea următoare și anume, $E_{14} = E_{15} = -4^\circ, 1858330$; cu titlu informativ, trebuie să vă spun că tot calculul acesta l-am făcut în mai puțin de 10 minute pe un calculator electronic fără programare, dispunând doar de două blocuri de memorie. Să mergem însă mai departe.

Calculăm parametrii următori și anume, mai întâi, coeficienții A_i , B_i și C_i ($i=1, 2$) și apoi cosinușii directori, pe care îi vom controla prin formulele de control indicate. Toate calculele fiind făcute, găsim :

$$P_x = 0,975$$

$$Q_x = 0,212$$

$$P_y = -0,189$$

$$Q_y = 0,951$$

$$P_z = -0,116$$

$$Q_z = 0,224$$

Formulele de control ne dau următoarele rezultate :

$$\sum_{i=1}^3 P_i^2 = 0,999802 \text{ în loc de } 1 : \text{ diferența este nesemnificativă}$$

$$\sum_{i=1}^3 Q_i^2 = 0,999521 \text{ în loc de } 1 : \text{ aceeași remarcă ;}$$

$$\sum_{i=1}^3 P_i Q_i = 0,000977 \text{ în loc de zero ; precizia este suficientă}$$

(am notat aici în loc de x , y și z , cu 1, 2 și 3 indicii simbolurilor P și Q).

Cu ajutorul acestor valori calculăm coordonatele rectangulare heliocentrice ale asteroidului, găsind :

$$x = 1,830 ; \quad y = -0,545 ; \quad z = -0,266$$

Cum la momentul respectiv coordonatele rectangulare geocentrice ale Soarelui erau :

$X_0 = -1,001$, $Y_0 = 0,084$, $Z_0 = 0,036$
 rezultă imediat, coordonatele rectangulare geocentrice ale
 asteroidului și, respectiv, coordonatele sale ecuatoriale:

$$\checkmark X = 0,829 \quad \checkmark Y = -0,461 \quad \checkmark Z = -0,236$$

$$\checkmark \alpha = 330^\circ,92192 = 330^\circ 55' 19''$$

$$\checkmark \delta = -13^\circ,62965 = -13^\circ 37' 47''$$

Sper ca exemplul acesta să fie de natură să vă clarifice eventualele probleme: de aceea, înainte de a întreprinde astfel de calcule — acesta ca și cel precedent —, este bine să le reluați pe cele date aici, spre a vă da seama mai bine de tehnica de calcul. În ce ne privește, vom trece la o categorie de fenomene similare prin mecanismul lor și anume, la eclipsele de Soare și ocultațiile de stele și planete cauzate de Lună. Alte calcule deci, dar cu o frecvență uneori cu mult mai mare decât cea a problemelor pe care le-am tratat până aici.

Se poate afirma cu toată certitudinea că eclipsele de Soare și de Lună sînt fenomenele cosmice cele mai impresionante și care au atras atenția oamenilor încă din timpuri străvechi. Să vezi că în plină zi, cu cer senin, lumina scade treptat și totul în jur capătă un ton cenușiu parcă plin de mister! Să vezi că, la un moment dat, din Soare se mai vede doar o seceră subțire care dispare cu totul — și în locul strălucitorului astru apare un fel de hău negru mărginit de puncte roșii și înconjurat de o aureolă sîdefie, în timp ce pe cerul albastru întunecat apar stelele! Orice om, cît de indiferent ar fi, rămîne impresionat; or, ce să mai zicem de cei care au trăit cu mii și mii de ani înaintea noastră, pe cînd nu se știa absolut nimic despre cauzele unui astfel de fenomen — o eclipsă totală de Soare, după cum sînt sigur că ați înțeles... Cum să știe cei din trecutul îndepărtat că este vorba de o simplă trecere a Lunii în dreptul Soarelui și nicidecum de niscaiva duhuri care ar mîncea Soarele, cînd ei nu știau nici măcar ce sînt cei doi aștri?

Nu voi mai insista asupra aspectelor atît de variate ale eclipselor de Lună — amalgamul de culori, de la galben auriu la roșu închis și chiar albastru, varietatea de aspecte de la un minut la altul —, care fac ca și aceste fenomene să fie atît de impresionante (sînt sigur că mulți dintre voi ați urmărit eclipsele totale de Lună din anul 1985). Dar, dacă în trecut, pe seama eclipselor în general au fost brodate tot felul de legende, care de care mai fanteziste și invariabil axate pe ideea că aceste fenomene ar fi „semne cerești prevestitoare de nenorociri”, astăzi știm nu numai care este explicația lor și respingem cu totul vechile concepții mistice; dar, în plus, avem și metode matematice riguroase de prevedere a producerii lor, indiferent că este vorba de o eclipsă ce va avea loc peste șase luni sau peste șase sute de

ani. În fond, totul se bazează pe cunoaşterea exactă a mişcărilor Pământului şi Lunii în raport cu Soarele. Pe această bază putem calcula cu o deosebită precizie momentele în care, faţă de planeta noastră, Luna va ocupa în raport cu Soarele anumite poziţii particulare şi anume :

— *Luna exact între Pământ şi Soare.* Din anumite zone terestre — acolo unde va ajunge conul de umbră şi penumbră al Lunii, se va observa o eclipsă de Soare ;

— *Luna direct opusă Soarelui, în raport cu Pământul :* astrul nopţii va traversa conul de umbră şi penumbră al Pământului — deci va avea loc o eclipsă de Lună.

Deşi complicată la prima vedere, teoria matematică şi aplicarea ei în practică pentru determinarea momentelor principale ale acestor fenomene sînt destul de simple. Înainte de aceasta, să ne amintim însă cîteva elemente de detaliu pentru a înţelege mai bine modul în care, fără prea mari dificultăţi, putem să facem astfel de calcule astronomice. Trebuie să subliniem mai întîi faptul că între eclipsele de Soare şi cele de Lună există o deosebire esenţială. Astfel, în cazul eclipselor de Lună, astrul nopţii este umbrît ; în schimb, cu ocazia eclipselor de Soare, Pământul este cel care intersectează umbra şi penumbra Lunii. De aici, o consecinţă imediată foarte importantă şi anume, aceea că o eclipsă de Lună poate fi văzută din orice loc de pe Pământ care are Luna deasupra orizontului în timpul fenomenului ; în schimb o eclipsă de Soare nu este observabilă decît din locurile care ajung să fie umbrîte de Lună. Cum zona măturată de umbră şi penumbra Lunii este mult mai mică decît Pământul, o eclipsă de Soare nu se vede decît dintr-o zonă relativ redusă — în cazul cel mai fericit, de circa 20 000 km lungime şi 8 000 km lărgime. Această este şi cauza pentru care deşi eclipsele de Soare sînt mai numeroase decît cele de Lună, într-unul şi acelaşi loc de pe Pământ pot fi observate mult mai multe eclipse de Lună decît de Soare.

O altă consecinţă — de data aceasta, pentru calculul fenomenelor de acest gen. Pentru o eclipsă de Lună se vor determina matematic momentele caracteristice traversării umbrei şi penumbrei Pământului — intrarea şi ieşirea astrului din umbră şi penumbră, începutul şi sfîrşitul fazei totale (dacă este cazul) sau momentul şi mărimea fazei maxime. Comparate cu momentele răsăritului şi apusului Lunii

într-un loc dat, ele vor da direct răspunsul dacă fenomenul este sau nu vizibil dintr-un loc oarecare de pe Pământ. În schimb, pentru eclipsele de Soare, calculul vizează determinarea zonelor terestre care vor fi umbrîte de Lună şi momentele caracteristice ale acestui fenomen. Este deci vorba de o problemă de geometrie analitică în spaţiu : intersecţia conului de umbră, respectiv de penumbră al Lunii, cu globul terestru. Complicaţia rezidă în aceea că nu numai cele două fişii — de umbră şi penumbră — ale Lunii se mişcă în spaţiu, dar şi planeta noastră are o mişcare de rotaţie în jurul axei proprii.

În aceste condiţii, să vedem acum care sînt categoriile de eclipse care pot avea loc. Cîteva cifre ne vor ajuta să înţelegem motivele pentru care aceste categorii sînt mai numeroase decît la prima vedere.

Astfel, diametrul aparent al Soarelui oscilează foarte puţin în timpul anului, ca urmare a mici variaţii de distanţă dintre Soare şi Pământ — planeta noastră mişcîndu-se în jurul astrului zilei pe o elipsă. El oscilează între 32'32" în ianuarie şi 31'28" în iulie. Cel al Lunii are variaţii mult mai mari ; la perigeu, Luna se vede sub un unghi de 33'30", iar la apogeu — de numai 29'22". Cît priveşte diametrul secţiunii conului de umbră al Pământului la distanţa Lunii, el măsoară între 74'4 şi 89'0.

De aici se vede că, în cazul eclipselor *centrale* de Soare (adică la momentele în care discurile Soarelui şi Lunii sînt concentrice), putem avea : 1) eclipse totale de Soare — diametrul Lunii depăşeşte pe cel al Soarelui şi 2) eclipse inelare de Soare, cînd situaţia este inversă. Cel de-al treilea caz, foarte rar, este cel al eclipsei perlate, care au loc atunci cînd cele două discuri apar egale ca diametru.

Cele spuse sînt valabile pentru locurile situate pe direcţia *umbrei* Lunii ; locurile care ajung numai în penumbra astrului văd, pur şi simplu, numai o eclipsă parţială, de o mărime oarecare. Or, cum diametrul petei de umbră a Lunii măsoară în jur de 150—160 km, se explică uşor raritatea eclipselor centrale pentru unul şi acelaşi loc de pe Pământ.

Cît priveşte eclipsele de Lună, ele pot fi doar de trei categorii :

— eclipse prin penumbră: Luna nu traversează decît penumbra planetei noastre, în care caz, cu greu se poate observa o oarecare întunecare a astrului, dacă faza ecлипsei depăşeşte 0,75 din diametrul discului selenar;

— eclipse parţiale: astrul nopţii ajunge să pătrundă doar în parte în umbră Pămîntului — în care caz, se defineşte o fază maximă, exprimată în diametre ale Lunii (aparente, bineînţeles !);

— eclipse totale de Lună: astrul pătrunde în întregime în umbră terestră, durata fazei totale putînd ajunge şi chiar depăşi 1^h45^m.

(Căutaţi acum, în baza acestor date, să vă explicaţi ce ar vedea un astronaut situat pe Lună, dacă ar urmări de acolo, o ecлипă totală de Lună, respectiv una totală sau inelară de Soare — observabile astfel de pe Pămînt.)

Şi acum, are cuvîntul matematica !

Fără îndoială, observarea ecлипsei nu pune nici un fel de probleme atunci cînd avem gata calculate orele fazelor principale. Pentru ţara noastră, observatorii situaţi în Bucureşti şi în imediata sa vecinătate beneficiază de datele publicate în *Anuarul Centrului de Astronomie şi Ştiinţe Spaţiale*. Dar, dacă în cazul eclipsei de Lună, aceste date sînt valabile pentru întregul teritoriu al ţării noastre, în cazul eclipsei de Soare situaţia este complet diferită. Un observator situat la Oradea sau Tulcea, la Craiova sau Bacău va constata că circumstanţele unui astfel de fenomen diferă destul de mult în locul respectiv, faţă de datele publicate pentru Bucureşti. Vreţi un exemplu ? La 15 februarie 1961 s-a produs o ecлипă de Soare. În sudul ţării ea a fost vizibilă ca totală (viitoarea ecлипă de acest gen observabilă la noi în ţară va avea loc la 11 august 1999); în restul teritoriului, deşi foarte pronunţată — faza maximă a ajuns la 0,95 cel puţin, diametrul Soarelui fiind considerat egal cu unitatea —, ecлипsa a fost numai parţială, ceea ce e cu totul altceva.

De altfel, ar fi şi foarte greu să se publice circumstanţele eclipsei de Soare pentru nu ştiu cîte zeci de localităţi din ţară. Iată un motiv pentru care cred că familiarizarea cu calculul momentelor fazelor principale ale eclipsei de Soare pentru un loc dat, nu este lipsit de interes, fără să mai

insist asupra satisfacţiei de a face observaţii şi a le compara cu propriile rezultate teoretice.

Nu voi face aici teorie exhaustivă a eclipsei de Soare — ea poate fi găsită în numeroase lucrări de specialitate cu caracter teoretic; unele le-am şi indicat în bibliografia de la sfîrşitul acestei cărţi. Dar vom preceda cele două exemple numerice pe care le-am calculat, de o teorie elementară, limitată în ce priveşte tehnica de calcul, doar la eclipsele de Soare parţiale — mai precis, modul în care se procedează pentru a determina momentele de început şi de sfîrşit, ca şi momentul fazei maxime, respectiv valoarea acesteia.

Să considerăm pentru aceasta, un sistem cartezian de coordonate definit după cum urmează: C fiind centrul Pămîntului şi originea axelor de coordonate x , y şi z , orientate astfel:

— axa Cy : direcţie pozitivă spre polul nord ceresc;

— axa Cz : direcţie spre ecuator, astfel încît planul xz să conţină dreapta z care trece prin centrul Soarelui, respectiv al Lunii;

— axa Cx : orientată spre punctul de coordonate $90^\circ + \alpha$ şi 0 , indicînd cu α şi δ coordonatele punctului D situat pe o direcţie paralelă cu dreapta ce trece prin centrele Soarelui şi Lunii.

În aceste condiţii, potrivit teoriei eclipsei, elaborată de Friedrich Wilhelm Bessel (1784—1846) se definesc aşanumitele *elemente besseliene*, care sînt valabile pentru orice loc de pe Pămînt şi cu ajutorul cărora se calculează circumstanţele unui astfel de fenomen într-un loc dat.

Noi nu facem aici teoria referitoare la modul în care se ajunge la aceste elemente: este de ajuns să le cunoaştem şi, după aceea, să vedem modul în care ele se folosesc pentru a rezolva problema deja pusă. Iată dar, care sînt aceste elemente:

x ; y — coordonatele rectangulare ale centrului Lunii în sistemul de coordonate pe care l-am definit, mai înainte;

x' ; y' — variaţiile acestor coordonate în unitatea de timp;

d ; H — declinaţia axei Oz şi unghiul său orar în raport cu meridianul Greenwich;

$f_e; f_i$ — semiunghiurile la vîrf ale conurilor de penumbra și de umbră ale Lunii în planul Oxy .

În cadrul sistemului de coordonate definit mai înainte, să considerăm locul observatorului, O , ale cărui coordonate geografice sînt: λ — longitudinea, măsurată în sens pozitiv spre *est* de meridianul Greenwich (potrivit celor stabilite de către Uniunea Astronomică Internațională în anii 1976, 1979 și 1982, cu aplicabilitate începînd de la 1 ianuarie 1984) și φ — latitudinea, măsurată pozitiv spre nord de ecuatorul terestru. Dacă notăm cu φ latitudinea *geocentrică* a locului observatorului (diferită de cea geografică din cauză că forma planetei noastre este aceea a unui elipsoid, nu a unei sfere), considerentele teoretice ne conduc la stabilirea următorului grup de formule care definesc coordonatele observatorului în sistemul ales mai înainte, pentru un moment-origine T :

$$\begin{aligned}\xi &= \rho \cos \varphi' \sin (H + \lambda) \\ \eta &= \rho \sin \varphi' \cos d - \rho \cos \varphi' \sin d \cos (H + \lambda) \\ \zeta &= \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos d \cos (H + \lambda)\end{aligned} \quad (8.1)$$

În aceste formule, ρ este distanța locului observatorului pînă la centrul Pămîntului. Toate celelalte elemente fac parte, după cum am văzut, dintre elementele besseliene ale fenomenului.

Nu vă faceți griji în ce privește constantele $\rho \sin \varphi'$ și $\rho \cos \varphi'$! Calculul lor nu prezintă nici un fel de dificultăți, dacă aplicăm formulele de mai jos:

$$\left. \begin{aligned}\rho \cos \varphi' &= \cos u + \frac{h}{6378140} \cos \varphi \\ \rho \sin \varphi' &= 0,996647 \sin u + \frac{h}{6378140} \sin \varphi\end{aligned} \right\} \quad (8.2)$$

unde:

$\operatorname{tg} u = 0,996647 \operatorname{tg} \varphi$
și h — altitudinea locului de observație deasupra nivelului mării.

Ca exemplu de calcul pentru aceste constante, să calculăm aici valorile lor pentru latitudinea de $45^\circ 25'$ și alti-

tudinea de 2509 m — ceea ce corespunde aproximativ, cu latitudinea și înălțimea vîrfului Omu din munții Bucegi. Astfel vom avea

$$\operatorname{tg} u = 0,996647 \operatorname{tg} 45^\circ 25'; u = 45^\circ 19' 13'', 6 = 45^\circ,320456$$

(este preferabil să lucrăm cu grade și fracțiuni zecimale de grad)

$$\begin{aligned}\rho \cos \varphi' &= \cos 45^\circ,320456 + \frac{2\,509}{6\,378\,140} \cos 45^\circ,416667 = \\ &= 0,703417\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho \sin \varphi' &= 0,996647 \sin 45^\circ,320456 + \frac{2\,509}{6\,378\,140} \sin 45^\circ,416667 = \\ &= 0,7089465.\end{aligned}$$

Nimic mai simplu!

Dar iată și pentru București, valorile acestor constante:

$$\lambda = 1^h 44^m 23^s,115 \quad \varphi = 44^\circ 24' 50'' \quad h = 83 \text{ m}$$

$$\lambda = 26^\circ 05' 46'',72 \quad \varphi = 44^\circ,413888$$

$$\lambda = 26^\circ,096312$$

$$u = 44^\circ,317693 \quad \rho \cos \varphi' = 0,7154863 \quad \rho \sin \varphi' = 0,6963028$$

Revenind la formulele cu care am început teoria matematică a calculului fazelor unei eclipse de Soare, ca urmare a mișcărilor Pămîntului, la un moment dat $T + \tau$, unde τ reprezintă o mică creștere de timp, valorile ξ și η devin $\xi + \xi'\tau$ și $\eta + \eta'\tau$, unde ξ' și η' reprezintă variațiile coordonatelor ξ și η pe minutul de timp. Să ținem însă seama de faptul că dintre toate cantitățile de care depind aceste două coordonate, adică: ρ ; φ' ; λ ; d ; H , primele trei sînt constante, în timp ce d variază cu cel mult $1''$ pe minut. Astfel se poate considera cu destulă precizie că ξ' și η' depind efectiv numai de variabila H (unghiul orar), a cărei variație pe minutul de timp poate fi considerată ca fiind de $15'$ ($360^\circ/24^h \times 60^m$) sau, exprimat în radiani, $1/229,1838$ adică $\sin 0^\circ 15' =$

$= \sin 0^\circ,25 = 0,00436331$. De aceea, prin derivarea primelor două formule din (8.1) ajungem la expresia elementelor ξ' și η' :

$$\left. \begin{aligned} \xi' &= \rho \cos \varphi' \cos (H + \lambda) \sin 0^\circ,25 \\ \eta' &= \rho \sin d \sin 0^\circ,25 \end{aligned} \right\} \quad (8.3)$$

(din cauză că $\xi = \rho \cos \varphi' \sin (H + \lambda)$)

Vom mai introduce acum o formulă și anume, aceea care ne dă distanța locului observației față de axa conului de penumbră; expresia ei este:

$$l_e = u_e - \zeta \operatorname{tg} f_e. \quad (8.4)$$

Și acum, în posesia tuturor acestor formule, să trecem la rezolvarea ecuației fundamentale a problemei și care ne va da ora $T + \tau$ pentru momentul începutului și sfârșitului eclipsei (veți vedea că T este stabilit în prealabil de noi):

$$[(x + x'\tau) - (\xi + \xi'\tau)]^2 + [(y + y'\tau) - (\eta + \eta'\tau)]^2 = l_e^2 \quad (8.5)$$

adică

$$[(x - \xi) + (x' - \xi')\tau]^2 + [(y - \eta) + (y' - \eta')\tau]^2 = l_e^2 \quad (8.6)$$

Pentru rezolvarea acestei ecuații să observăm că putem determina niște cantități auxiliare, adică două numere pozitive, m și n , respectiv două unghiuri M și N , astfel încât vom avea:

$$m \sin M = x - \xi \quad n \sin N = x' - \xi'$$

$$m \cos M = y - \eta \quad n \cos N = y' - \eta'$$

de unde imediat obținem:

$$\operatorname{tg} M = \frac{x - \xi}{y - \eta} \quad (8.7)$$

Dintre cele două valori pentru unghiul M , care diferă cu 180° vom reține pe aceea a cărui sinus are semnul algebric al diferenței $x - \xi$ și cosinusul cu semnul diferenței $y - \eta$; m va avea valoarea

$$m = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2} \quad (8.8)$$

luată cu semnul pozitiv.

În mod similar, vom avea

$$\operatorname{tg} N = \frac{x' - \xi'}{y' - \eta'} \quad (8.9)$$

$$n = \sqrt{(x' - \xi')^2 + (y' - \eta')^2} \quad (8.10)$$

unde $\sin N$ va avea semnul diferenței $x' - \xi'$, iar n va avea semn pozitiv.

Substituind aceste cantități în ecuația (8.6) vom obține:

$$(m \sin M + n\tau \sin N)^2 + (m \cos M + n\tau \cos N)^2 = l_e^2$$

sau

$$m^2(\sin^2 M + \cos^2 M) + 2mn\tau(\sin M \sin N + \cos M \cos N) + n^2\tau^2(\sin^2 N + \cos^2 N) = l_e^2$$

adică

$$n^2\tau^2 + 2mn\tau \cos (M - N) + m^2 = l_e^2, \quad (8.11)$$

unde unitatea va fi minutul de timp.

Să mai introducem un unghi auxiliar ψ astfel ca:

$$l \sin \psi = m \sin (M - N), \quad (8.12)$$

de unde:

$$\sin \psi = \frac{m}{l} \sin (M - N). \quad (8.13)$$

Unghiul ψ fiind definit prin sinusul său, se va reține o valoare cuprinsă între $\pm 90^\circ$, astfel încât $\cos \psi$ să fie pozitiv.

Să înmulțim pe m^2 cu $\cos^2 (M - N) + \sin^2 (M - N)$ și ecuația (8.11) va deveni:

$$n^2\tau^2 + 2mn\tau \cos (M - N) + m^2 \cos^2 (M - N) + m^2 \sin^2 (M - N) = l_e^2$$

și substituind cu ecuația (8.12) vom obține:

$$n^2\tau^2 + 2mn\tau \cos (M - N) + m^2 \cos^2 (M - N) + l^2 \sin^2 \psi = l_e^2$$

adică:

$$[(n\tau \mp m \cos (M - N))]^2 = l_e^2 (1 - \sin^2 \psi) = l_e^2 \cos^2 \psi,$$

respectiv:

$$n\tau \mp m \cos (M - N) = \mp l \cos \psi \quad (8.14)$$

adică :

$$n\tau = -m \cos (M-N) \mp l \cos \psi$$

de unde

$$\tau = -\frac{m}{n} \cos (M-N) \mp \frac{l}{n} \cos \psi \quad (8.15)$$

În această ecuație, $\cos \psi$, l , m și n au valori pozitive ; semnul minus se referă la începutul eclipsei, iar semnul plus se referă la sfârșitul eclipsei. În fine, pentru aceste momente (mereu pentru eclipse parțiale !) pentru valoarea l se adoptă valoarea l_0 .

Acum nu ne mai rămâne decât ca valoarea să fie adunată algebric cu T ; și ținând cont că am lucrat cu ora universală (TU), vom avea grijă să trecem la ora țării noastre, adăugând 2 ore la TU sau 3 ore, după regimul legal de oră (de iarnă sau de vară).

Pentru momentul $T + \tau$ al fazei maxime, ecuația fundamentală este

$$[(x-\xi) + (x' + \xi') \tau] (x' - \xi') + [(y-\eta) + (y' - \eta') \tau] (y' - \eta') = 0 \quad (8.16)$$

Și aici, printr-un procedeu analog, se ajunge în final la ecuația :

$$mn \cos (M-N) + n^2 \tau = 0 \quad (8.17)$$

de unde :

$$\tau = -\frac{m}{n} \cos (M-N) \quad (8.18)$$

Valoarea fazei maxime a eclipsei se calculează imediat prin formula

$$g = \frac{\bar{l}_0 - m \sin (M-N)}{2\bar{l}_0 - 0,5460} \quad (8.19)$$

în care $\bar{l}_0$ reprezintă media celor două valori l_0 obținute când s-au calculat momentele de început și de sfârșit ale eclipsei parțiale. Termenul $m \sin (M-N)$ se ia în valoare absolută, iar factorul 0,5460 este dublul raportului k dintre razele Lunii și Pământului (noua valoare adoptată de Uniunea

Astronomică Internațională este de fapt 0,5450, dar diferența este infimă).

Și acum calculul punctelor de contact — ca valori de unghi de poziție este simplu :

$$\text{pentru începutul eclipsei : } P = N - \psi + 180^\circ \quad (8.20)$$

$$\text{pentru sfârșitul eclipsei : } P = N + \psi$$

Să nu credeți că toată această teorie elementară a calculului eclipselor vă va pune cumva probleme insurmontabile în practică : veți vedea din exemplul care urmează că aplicația este mai simplă decât v-ați putea imagina. Acest exemplu se referă la o eclipsă mai veche — 29 aprilie 1976 —, dar este vorba de un calcul complet pentru cele trei momente ale acestei frumoase eclipse parțiale — pentru țara noastră — de Soare. Calculul fiind făcut pentru București, veți putea vedea, prin comparație cu valorile publicate de *Anuarul Centrului de Astronomie și Științe Spatiale* pentru 1976 că diferențele sînt cu totul neglijabile. Dar iată aceste calcule, cu toate detaliile necesare.

Mai întâi, examinînd o hartă a vizibilității fenomenului pe glob, am stabilit ca ore aproximative pentru fazele caracteristice observabile (început, fază maximă, sfârșit) la București, următoarele :

Începutul eclipsei (primul contact)	9 ^h 00 ^m TU
Faza maximă	10 ^h 30 ^m TU
Sfârșitul eclipsei (ultimul contact)	12 ^h 10 ^m TU

Dacă nu dispuneți de o astfel de hartă, nu e o problemă : luați orele fenomenului pentru București, dar introduceți în calcul valorile corecte ale poziției geografice a punctului vostru de observație. De asemenea, nu vă faceți griji că eroarea ar putea fi de minute și chiar 10—20 de minute. Calculul, care vă dă valorile corecțiilor τ , vă va duce la orele reale. Astfel, în prima aproximație, valorile τ au fost de peste 25 de minute ; dar, la finele calculelor, am găsit ca ore ale fenomenului următoarele valori, pe care le-am notat cu T_1 , față de primele, notate cu T_0 .

Începutul eclipsei	$T_1 = 9^h 12^m, 0$	$T_0 - T_1 = +0^h 12^m, 0$
Faza maximă	10 52,0	+0 22,0
Sfârșitul eclipsei	12 36,7	+0 26,7

Încă ceva. Teoria arată că primul calcul dă rezultate cu aproximație de ordinul a 1-2 minute. De aceea, el este reluat cu noile valori T care au fost găsite, fiind calculată oarecum o nouă variantă, exact prin același procedeu. De data aceasta însă, corecțiile sînt cu mult mai mici, iar precizia rezultatelor este de ordinul secundelor. Iată motivul pentru care și eu, cînd am efectuat aceste calcule, nu m-am oprit la prima aproximație, ci am reluat calculul în cea de-a doua; rezultatele de aici sînt cele obținute în finalul operațiilor.

29 aprilie 1976, București

1. Elementele primare pentru momentul începutului eclipsei

$$\begin{aligned}x &= -0,663956 & x' &= +0,0082376 & T &= 9^h 12^m, 0 \\y &= +0,195308 & y' &= +0,0087520 & \lambda &= 26^\circ 05' 47'', 0 \\ \sin d &= +0,251282 & u_e &= +0,5672100 \\ \cos d &= +0,967914 & \operatorname{tg} f_e &= 0,0046392 \\ H &= 318^\circ, 72666\end{aligned}$$

$$C = \rho \sin \varphi' \sin d = +0,1749683$$

$$A = \rho \sin \varphi' \cos d = +0,6739610$$

$$\rho \cos \varphi' \sin d = +0,1797887$$

$$\rho \cos \varphi' \cos d = +0,6925290 \quad \text{const. } 1/229,2 = 0,004363$$

$$\rho \cos \varphi' \times \text{const.} = 0,0031217$$

$$\sin d \times \text{const.} = 0,0010963$$

$$H = 318^\circ, 72666$$

$$\lambda = 26,096388$$

$$\begin{aligned}H + \lambda &= 344^\circ, 82305 & \sin (H + \lambda) &= -0,2618007 \\ & & \cos (H + \lambda) &= +0,9651219\end{aligned}$$

$$\rho \cos \varphi' \sin (H + \lambda) = \xi = -0,1873148$$

$$\rho \cos \varphi' \sin d \cos (H + \lambda) = B = +0,173518$$

$$A = +0,673961$$

$$A - B = +0,5004429 = \eta$$

$$\rho \cos \varphi' \cos d = 0,692529 \times$$

$$\cos (H + \lambda) = 0,9651219$$

$$= D = 0,6683749$$

$$C = 0,1749683$$

$$C + D = 0,8433432 = \zeta$$

$$\rho \cos \varphi' \cos (H + \lambda) \times \text{const.} = 0,0030128 = \xi'$$

$$\sin d \times \text{const.} \times \xi = 0,0002051 = \eta'$$

$$\frac{x - \xi}{y - \eta} = \frac{-0,4766412}{0,3051349} = 1,5620671 = \operatorname{tg} M; M = 57^\circ, 373548$$

$$(x - \xi)^2 = 0,2271868 +$$

$$(y - \eta)^2 = 0,0931073$$

$$m^2 = 0,3202941; m = 0,5659453$$

$$\frac{x' - \xi'}{y' - \eta'} = \frac{+0,0082376 - 0,0030128}{+0,008752 - 0,0002054} = 0,6113308 =$$

$$= \operatorname{tg} N; N = 31^\circ, 43873$$

$$(x' - \xi')^2 = 0,0000273 +$$

$$(y' - \eta')^2 = 0,0000730$$

$$n^2 = 0,0001003; n = 0,0100171$$

$$\begin{aligned}M - N &= 25^\circ, 934818, \sin (M - N) = 0,4373483, \cos (M - N) = \\ &= 0,8992921, u_e - \zeta \operatorname{tg} f_e = 0,5632975 = l_e\end{aligned}$$

$$\frac{m}{l_e} = 1,0047004 \times$$

$$\sin (M-N) \rightarrow =0,439404=\sin \psi ; \psi=26^{\circ},065862$$

$$\cos \psi=0,8982895$$

$$-\frac{m}{n} \cos \psi=-50^m,751489$$

$$\frac{l_e}{n} \cos \psi=+50^m,514045$$

$$\tau=-0^m,237443 \quad T+\tau=9^h11^m,8 \text{ TU}$$

$$=11^h11^m,8 \text{ Timp legal român}$$

Momentul fazei maxime

$$x=-0,10377 \quad x'=0,00823833$$

$$y=0,32279 \quad y'=0,001873$$

$$\sin d=0,25153 \quad T_0=10^h20^m \text{ TU}$$

$$\cos d=0,96785 \quad \operatorname{tg} f_e=0,0046392$$

$$H=335^{\circ},67 \quad u_e=0,56718$$

$$(H+\lambda)=1^{\circ},7663889 \quad \sin (H+\lambda)=0,0308244$$

$$\cos (H+\lambda)=0,9995248$$

$$\xi=0,0220544 \quad \xi'=0,0031202$$

$$\eta=0,4940358 \quad \eta'=0,0000242$$

$$\operatorname{tg} M=0,734759 \quad M=216^{\circ},30692$$

$$m=0,2125015$$

$$\operatorname{tg} N=2,7683362 \quad N=70^{\circ},138871$$

$$n=0,0054418 \quad M-N=146^{\circ},16805$$

$$\sin (M-N)=0,5567589$$

$$\cos (M-N)=-0,8306741$$

$$\left(-\frac{m}{n}\right) \cos (M-N)=\tau=+32^m,44$$

$$T_0=10^h20^m,00$$

$$T+\tau=10^h52^m,4 \text{ TU}$$

$$=12^h52^m,4 \text{ Timp legal român}$$

Valoarea fazei maxime

$$\bar{l}_e=\frac{l_{e \text{ inc.}}+l_{e \text{ sf.}}}{2}$$

$$g=\frac{\bar{l}_e-m \sin (M-N)}{2 \bar{l}_e-0,5460}=\frac{0,5634749-0,2125015 \times 0,5567589}{2 \times 0,5634749-0,5460}$$

$$g=0,766$$

Aici nu am mai dat toate formulele desfășurate, ca pentru momentul începutului fenomenului; procedeul de calcul este același și sînt sigur că nu veți avea dificultăți în efectuarea operațiilor. Dar să trecem și la calculul momentului ultimului contact.

Momentul ultimului contact (sfîrșitul eclipsei)

$$x=1,0225397 \quad x'=0,0082394$$

$$y=0,5782939 \quad y'=0,0018652$$

$$\sin d=0,2520085 \quad T_0=12^h36^m,7 \text{ TU}$$

$$\cos d=0,9677233 \quad \operatorname{tg} f_e=0,0046392$$

$$H=9^{\circ},8513917 \quad u_e=0,5676667$$

$$(H+\lambda)=35^{\circ},947781 \quad \sin (H+\lambda)=0,5870477$$

$$\cos (H+\lambda)=0,8095524$$

$$\xi=0,4200244 \quad \xi'=0,0025272$$

$$\eta=0,527859 \quad \eta'=0,0004618$$

$$M=85^{\circ},215083$$

$$m=0,6046225 \quad M-N=9^{\circ},018385$$

$$N=76^{\circ},196698 \quad \sin (M-N)=0,1567514$$

$$n=0,0058821 \quad \cos (M-N)=0,9876381$$

$$l_e=0,5636522$$

$$\sin \psi = 0,1681452 \quad \psi = 9^{\circ},679951$$

$$\cos \psi = 0,9857622$$

$$\left(-\frac{m}{n}\right) \cos (M-N) = -101^m,52$$

$$\frac{l_e \cos \psi}{n} = \frac{+94^m,46}{\tau = -7^m,06}$$

$$T + \tau = 12^h 29^m,6 \text{ TU}$$

$$= 14^h 29^m,6 \text{ Timp legal român}$$

Și iată aici o comparație între valorile publicate de *Anuarul Centrului de Astronomie și Științe Spațiale* și valorile calculate

Faza	Ora din Anuar	Ora din calcul aici
Începutul eclipsei	11 ^h 12 ^m ,4	11 ^h 11 ^m ,8
Faza maximă	12 52,1 (0,764)	12 52,4 (0,766)
Sfârșitul eclipsei	14 29,7	14 29,6

Se vede că diferențele sînt infime ; iar dacă aș fi calculat o nouă aproximație, rezultatele ar fi fost practic identice. Dar se poate arăta că există și procedee care permit oarecum simplificarea tehnicii de calcul, ceea ce nu este deloc de neglijat. Într-adevăr, elementele lui Bessel pot fi exprimate ca polinoame în funcție de timp — deci în cazul că le întîlnim sub această formă, vor trebui interpolate prin formule adecvate. Astfel, ca exemplu, în unele mari anuare astronomice din străinătate, elementele besseliene sînt publicate pentru momente care diferă cu cîte 10 minute : este cazul *Anuarului Astronomic al Uniunii Sovietice*, al *Calendarului Astronomic* publicat de Asociația Unională de Astronomie și Geodezie a U.R.S.S.* etc. În alte publicații însă, cum ar fi volumul *Ephémérides* publicat anual de către Societatea Astronomică a Franței, aceste elemente sînt publicate pentru un moment origine T_0 , împreună cu variațiile lor pe unitatea de timp. Astfel, dacă obțineți elementele

* În anuarele sovietice H este notat cu μ .

besseliene sub prima formă, faceți după necesități, interpolări obișnuite ; iar dacă le obțineți sub cea de-a doua formă, aplicați formulele de interpolare date mai jos, astfel :

1. Pentru calculul valorilor elementelor besseliene la momentele t_i alese ca origine pentru fazele principale ale eclipsei, se aplică formula :

$$X = X_0 + X_1(t-t_0) + X_2(t-t_0)^2 \quad (8.21)$$

în care X desemnează un element oarecare (x , y , H , $\sin d$ etc.), iar t_0 momentul pentru care ele sînt indicate.

2. Pentru calculul variațiilor *orare* (nu pe minut !) ale aceluiași elemente, se aplică formula :

$$X = X_1 + 2X_2(t-t_0). \quad (8.22)$$

Și acum, fără a mai dezvolta teoria — în fond, identică celei de mai înainte —, formulele de calcul necesare, împreună cu o aplicație a lor, pentru eclipsa de Soare de la 30 mai 1984.

Ca și în cazul de mai înainte, se alege o epocă t pentru fiecare moment caracteristic al eclipsei și se calculează coordonatele ξ , η și ζ prin formulele (8.1) în care $\rho \cos \varphi'$ și $\rho \sin \varphi'$ sînt calculate odată pentru totdeauna, prin formulele date mai înainte (8.2), bineînțeles, pentru unul și același loc.

Păstrînd notația franceză, se calculează în continuare valorile ξ , η și ζ cu o precizie de o secundă de timp, prin formulele :

$$\begin{aligned} \xi &= \dot{H} \rho \cos \varphi' \cos (H + \lambda) \\ \eta &= \dot{H} \xi \sin d \\ \zeta &= -\dot{H} \xi \cos d \end{aligned} \quad (8.23)$$

După aceasta, se calculează în continuare raza U a secțiunii circulare a conului de penumbră al Lunii, prin formula (8.4), după care se calculează :

$$\begin{aligned} U &= x - \xi & \dot{U} &= x' - \xi' \\ V &= y - \eta & \dot{V} &= y' - \eta' \end{aligned} \quad (8.24)$$

De aici, față de momentul t_m aproximat pentru faza maximă a fenomenului:

$$t_m = \frac{1}{2} (t_{\text{sffrșit}} - t_{\text{inceput}}) \quad (8.25)$$

calculăm corecția τ_m prin formula:

$$\tau_m = - \frac{U\dot{U} + V\dot{V}}{\dot{U}^2 + \dot{V}^2} \quad (8.26)$$

și momentul fazei maxime prin formula:

$$t_m + \tau_m \quad (8.27)$$

Cît privește mărimea fazei maxime, ea se calculează prin formula cunoscută:

$$g = \frac{l_e + l_m}{2l_e - 0,5450} \quad (8.28)$$

unde

$$l_m = \sqrt{\dot{U}^2 + \dot{V}^2} \quad (8.29)$$

Pentru celelalte două momente căutate — ale începutului și sfîrșitului fenomenului — se calculează acum valorile β , γ și ϑ prin formulele:

$$\left. \begin{aligned} \beta &= \frac{U\dot{U} + V\dot{V}}{\dot{U}^2 + \dot{V}^2} \\ \gamma &= \frac{U^2 + V^2 - l_e^2}{\dot{U}^2 + \dot{V}^2} \\ \vartheta &= \pm \sqrt{\beta^2 - \gamma^2} \end{aligned} \right\} \quad (8.30)$$

unde semnul algebric pentru ϑ va fi identic celui al lui β . Cît privește momentele căutate, ele se calculează prin formula:

$$t = t_e - \beta + \vartheta \quad (8.31)$$

Printr-o formulă simplă putem calcula și punctele de contact, măsurate unghiular pe bordul discului solar, în

sensul N—E—S—V, de la 0° la 360° : acestea sînt unghiurile de poziție P ; ele se calculează prin:

$$\operatorname{tg} P = \frac{U}{V} \quad (8.32)$$

cu precizarea că:

$$\begin{aligned} P_{\text{faceput}} &= P + 180^\circ \\ P_{\text{sffrșit}} &= P \end{aligned} \quad (8.33)$$

Ca să nu intrați în cine știe ce încurcături, trebuie să mai spun ceva și anume, mai întîi, faptul că pentru elementul $\dot{H}$, formula de interpolare (8.22) se aplică transformînd coeficienții H_1 și H_2 în radiani, adică împărțind valorile tabelate prin $57^\circ,295779$. Iar cea de-a doua precizare necesară este aceea că corecțiile τ_m se obțin în ore și fracțiuni zecimale de oră, nu în minute și fracțiuni zecimale de minut ca în primul formular de calcul.

Ca o aplicație numerică a acestui nou formular de calcul, vă dau în continuare calculul pentru momentul începutului eclipsei parțiale (la noi) de Soare de la 30 mai 1984. De ce numai pentru început? Motivul este acela că fenomenul a început cu puține minute înainte de apusul Soarelui —, deci nici faza maximă și nici sfîrșitul eclipsei nu au fost vizibile la Bacău și, în general, pe teritoriul țării noastre.

După ce am calculat valorile $\rho \cos \varphi'$ și $\rho \sin \varphi'$ pentru Bacău, am trecut la aplicarea formulelor indicate. Rezultatele obținute le dau mai jos, tot cu scopul unui exercițiu pentru voi — fenomenul a trecut de mult.

- Coordonatele geografice ale punctului de observație
longitudine estică = $+26^\circ 58' = +26^\circ,966667$
latitudine nordică = $+46^\circ 35' = +46^\circ,583333$; altitudine = 167 m
- Coordonatele geocentrice ale punctului de observație
 $u = 46,487256$; $\rho \cos \varphi' = 0,6897356$; $\rho \sin \varphi' = 0,723087$
- Elementele besseliene le-am calculat pentru momentul estimat al începutului eclipsei, pe baza datelor din volumul *Ephémérides 1984* publicate de Societatea Astronomică a Franței; acest moment este $17^h 30^m$ TU. Cum momentul

T_0 al efemeridelor este $13^h 0^m$ TU, diferența $(T - T_0) = 4^h 5$. În acest fel, aplicând formulele de interpolare (8.21) am găsit următoarele valori:

$$\begin{aligned} H &= 83^\circ, 11997 & \dot{H} &= 0,2617968 \text{ radiani pe oră} \\ x &= 0,32478 & \dot{x} &= 0,5213533 \\ y &= 0,36709 & \dot{y} &= 0,1329721 \\ \sin d &= 0,37253 & u_e &= 0,5509424 \\ \cos d &= 0,92802 & \operatorname{tg} f_e &= 0,0046100 \end{aligned}$$

cu mențiunea că valorile variațiilor orare, marcate cu punct, le-am interpolat prin formula (8.22).

În continuare am aplicat formulele (8.23) – (8.26) și (8.30) – (8.33), obținând următoarele valori:

$$\begin{aligned} \xi &= 0,647782 & \eta &= 0,7590271 \\ \dot{H} &= 0,2617968 & \dot{\xi} &= -0,0620153 \\ \dot{x} &= 0,5213533 & \dot{y} &= 0,1329721 \\ U &= -0,323002 & V &= -0,3919371 \\ \dot{U} &= 0,5833686 & \dot{V} &= 0,0697958 \\ \zeta &= 0,0494355 & H + \lambda &= 110^\circ, 08664 \\ \eta &= 0,0631763 & \dot{\zeta} &= -0,1573804 \end{aligned}$$

$$\tau_m = -0,6251182 \quad \beta = -0,1313521 \quad \vartheta = -0,7225765$$

și de aici, ora începutului eclipsei

$$\begin{aligned} &= 17^h, 5 + 0^h, 6251182 - 0^h, 7225765 = 17^h, 402542 = \\ &= 17^h 24^m 09^s, 15 \text{ TU.} \end{aligned}$$

precum și unghiul de poziție pentru primul contact

$$P = \operatorname{arctg} \frac{-0,323002}{-0,3919371} = 219^\circ, 49.$$

Cu aceste valori, am trecut la calculul celei de-a doua aproximații, adică am considerat ora determinată cum ați văzut, ca moment t . Am reluat deci calculul cu exact aceeași formularistică și am găsit, cu eroare de ordinul secundelor, ca moment pentru începutul fenomenului

$$t = 17^h 24^m 06^s$$

Observația directă a fenomenului mi-a dat ca oră, pentru primul contact, $17^h 24^m 10^s \pm 1^s, 5$: Soarele, de altfel, era atât de jos spre orizont, încât determinarea exactă a momentului de început al eclipsei era practic, imposibilă — bordul discului solar era prea agitat pentru așa ceva...

Sînt sigur că toate aceste calcule nu vi s-au părut prea complicate. În orice caz, se vede ușor că nu e „mare filozofie” să calculezi momentele caracteristice ale unei eclipse de Soare așa cum vor putea fi ele observate dintr-un loc dat. Totul este să ai coordonatele precise ale locului observației și să aplici corect formulele de calcul. În rest, regret că în anii următori nu avem nici o eclipsă de Soare observabilă de la noi din țară — era un bun prilej de a vă da elementele primare și să vă pun pe fiecare în situația de a vă calcula momentele fenomenului pentru locurile voastre de observație.

Mai adaug ceva, pentru elementele unei eclipse publicate în varianta franceză. Anume, valorile H , x , y , $\cos d$, $\sin d$, $\dot{x}$, $\dot{y}$, se interpoalează de la ora de origine indicată ca atare; cît privește valoarea $\dot{H}$, aceasta se transformă în radian — nu uitați acest lucru, în timp ce pentru valoarea $(H + \lambda)$, veți folosi gradele sexagesimale. Să vă mai spun că este cît se poate de recomandabilă utilizarea unui minicalculator... cît de „mini”? Se vede imediat că nu e chiar ușor să calculezi cu minimum 5 zecimale exacte, mai ales că aveți nevoie și de parcurgerea unei a doua aproximații — deci un volum de muncă destul de mare (chiar dacă nu îl faceți în fiecare săptămână...).

După eclipsele de Soare, normal ar fi să ne oprim asupra calculului eclipselor de Lună. Nu vom face totuși acest lucru din două motive și anume, în primul rînd, procedeul de calcul este mult mai laborios, mai ales că în cazul acestor fenomene, avem mult mai multe momente de determinat —

intrarea și ieșirea din penumbră, intrarea și ieșirea din umbră, eventual începutul și sfârșitul eclipsei totale... În al doilea rând, în cazul acestor fenomene, nu mai avem variații de la un loc la altul: orele publicate în anuare pentru faze sînt valabile peste tot în țară. În schimb, prezint aici o metodă de realizare a graficului unei astfel de eclipse, pentru ca în prelucrarea observațiilor voastre asupra acestor fenomene să puteți studia coloratura secțiunii conului de umbră, prin cunoașterea traiectoriei exacte a Lunii prin umbra terestră.

Pentru construirea unui asemenea grafic sînt necesare o serie de elemente, care pot fi extrase din anuare și sînt prezentate mai jos; apoi, în afară de micile calcule necesare, este dat un exemplu referitor la eclipsa totală de Lună de la 4—5 mai 1985. Mai întii, elementele:

Momentul opoziției Soare-Lună	: T_0 (egalitatea ascensiilor drepte ale celor doi aștri)
Ascensia dreaptă a Soarelui	: α_0
Variația ascensiei drepte a Soarelui, pe oră	: $\Delta\alpha_0$
Ascensia dreaptă a Lunii	: α_1
Variația ascensiei drepte a Lunii, pe oră	: $\Delta\alpha_1$
Declinația Soarelui în momentul opoziției cu Luna	: δ_0
Declinația Lunii în momentul opoziției cu Soarele	: δ_1
Variația orară a declinației Soarelui	: $\Delta\delta_0$
Variația orară a declinației Lunii	: $\Delta\delta_1$
Raza aparentă și paralaxa Soarelui	: r_0 și π_0
Raza aparentă și paralaxa Lunii	: r_1 și π_1

În calculele de care avem nevoie, vom determina mai întii azcele unghiulare ale secțiunilor conului de umbră

și de penumbră ale Pămîntului la distanța Lunii, pe care le vom calcula prin formulele

$$\left. \begin{aligned} r_{\text{umbră}} &= 1,02 (0,99833 \pi_1 - r_0 + \pi_0) \\ R_{\text{penumb.}} &= 1,02 (0,99833 \pi_1 + r_0 + \pi_0) \end{aligned} \right\} \quad (8.34)$$

De remarcat faptul că deja și aici avem o formulă de control:

$$R - r = 2,04 r_0 \quad (8.35)$$

După trasarea pe grafic (vom face graficul concomitent aici: voi puteți face întii calculele și apoi să trasați graficul) a celor două cercuri la scara $1' = 2 \text{ mm}$ sau $1^\circ = 120 \text{ mm}$, trasăm doi diametri reciproc perpendiculari. Unul, vertical, va semnifica direcția nord-sud, iar cel de-al doilea, orizontal, va marca direcția est-vest, cu estul spre stînga, acesta fiind sensul în care se mișcă Luna în traversarea umbrei și penumbrei terestre. Fie notațiile NS pentru axa verticală și EV pentru cea orizontală, ca în graficul din figura 8.1 de la pagina 220.

Pe segmentul OE să marcăm valorile $OA = x'$ și $AD = y'$, definite astfel

$$\left. \begin{aligned} OA = x' &= (\Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_0) \cos \delta_1 \\ AD = y' &= \Delta\delta_1 + \Delta\delta_0 \end{aligned} \right\} \quad (8.36)$$

în timp ce pe axa NS vom marca segmentul OC

$$OC = y_0 = \delta_1 + \delta_0 \quad (8.37)$$

Atenție: declinațiile Soarelui și Lunii au semne opuse; segmentul OC semnifică de fapt distanța centrului Lunii față de centrul umbrei Pămîntului în momentul opoziției. Cît privește OA , el indică deplasarea Lunii în ascensie dreaptă în timp de o oră, iar AD — deplasarea astrului în declinație, în același interval de timp. De asemenea, vă veți da seama imediat dacă Luna trece la sud sau la nord de centrul umbrei: dacă valoarea $AD < 0$, Luna se deplasează spre sud, deci veți marca segmentul, perpendicular pe dreapta EV sub această dreaptă și invers, dacă $AD > 0$. Dar din cele spuse mai rezultă ceva și anume, faptul că segmentul OD , pe care îl veți marca cu grijă, reprezintă deplasarea

Lunii în raport cu umbra Pământului în timp de o oră. Calcularea acestui *etalon de timp* în graficul nostru este simplă :

$$OD = \sqrt{OA^2 + AD^2}. \quad (8.38)$$

Să trasăm acum prin punctul C, situat pe axa NS, o paralelă la segmentul OD : această dreaptă reprezintă traiectoria centrului Lunii prin umbra și penumbra Pământului. Evident, centrul discului selenar se va găsi în punctul C, nu la momentul mijlocului eclipsei, ci în momentul opoziției dintre Soare și Lună. Dar, acum avem momentul opoziției celor doi astri, ca și corespondentul în milimetri al unei ore de timp — segmentul OD. Or, pe această bază, vom calcula printr-o simplă „regulă de trei”, cât reprezintă intervalul de timp dintre momentul opoziției și următoarea oră plină ; vom marca acest punct pe dreapta deplasării Lunii și de aici, cu segmentul OD pus repetat, vom stabili momentele orelor pline (deci cu zero minute, zero secunde).

Trebuie precizat că atât în cazul valorilor de declinații, cât și în cel al ascensiilor drepte, veți lucra *numai cu grade și minute de arc*, nu cu ore și minute de timp.

Cu valoarea unghiulară a razei Lunii, r_L , și cu scala stabilită de $l' = 2$ milimetri, să trasăm cercuri care reprezintă discul Lunii, ale căror centre se vor găsi pe dreapta paralelă la OD și care trece prin punctul C, adică pe traiectoria centrului Lunii. Dar vom trasa aceste cercuri de așa manieră încât ele să fie tangente la cercurile care marchează contururile umbrei și penumbrei Pământului : graficul eclipsei din 4—5 mai 1985 vă arată clar cum se procedează. Această operație ne creează două posibilități, la fel de importante și anume :

a) ne arată valorile unghiului de poziție pentru punctele de prime și ultime contacte ale Lunii cu umbra și penumbra Pământului ;

b) ne dă posibilitatea stabilirii orelor fazelor principale ale fenomenului, astfel : măsurăm distanțele dintre centrul fiecărui cerc care reprezintă Luna la momentele diferitelor contacte și punctele de ore pline ; or, știind cât reprezintă o oră pe scala noastră în milimetri (lungimea segmentului OD), putem afla imediat câte minute au trecut de la ora

plină precedentă, pînă la momentul contactului, al fazei căutate a eclipsei.

Ca un exercițiu, se dau aici elementele pentru construirea graficului eclipsei totale de Lună din 9 ianuarie 1982 — dar numai datele inițiale ! — și după aceea, elementele și graficul celei din 4—5 mai 1985. Construiți graficul pentru prima eclipsă.

a) Eclipsa totală de Lună din 9 ianuarie 1982

Momentul opoziției Soare —

Lună : $T_0 = 19^h 57^m, 1$ TU

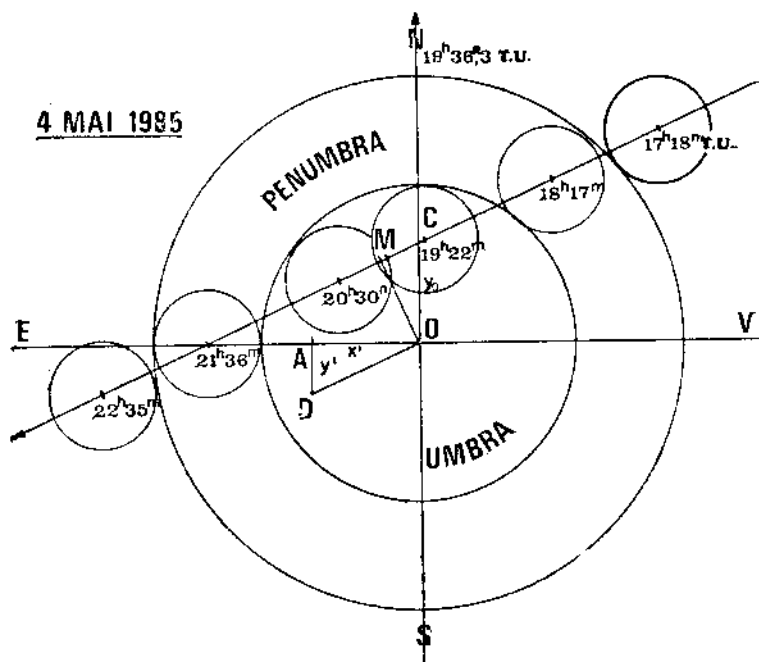
	Soarele	Luna
Ascensia dreaptă, la opoziție	$19^h 23^m, 3$	$7^h 23^m, 3$
Variația orară	$+10^s, 9$	$+ 2^m 40^s, 6$
Declinația, la opoziție	$-22^\circ 03', 6$	$+21^\circ 45', 9$
Variația orară	$+ 21'', 6$	$- 1' 51'', 2$
Raza aparentă a discului	$16' 16''$	$16' 32''$
Paralaxa orizontală ecuatorială	$8'', 94$	$60' 40'' 67$

Din aceste elemente, puteți determina datele necesare elaborării graficului eclipsei și să construiți graficul respectiv, pentru a-l compara cu eventualele observații pe care, poate, unii dintre voi le-au făcut cu ocazia fenomenului. Acum însă, conform celor spuse mai înainte, voi da elementele și graficul eclipsei din 4—5 mai 1985 ; pentru alte eclipse, veți putea să vă elaborați schemele fără nici un fel de ajutor. În orice caz, în acest mod veți putea plasa toate observațiile voastre de coloratură foarte exact, și, de aici, să determinați ceea ce spuneam la un moment dat și anume, *coloratura* secțiunii conului de umbră și de penumbră al Pământului, la distanța Lunii în momentul eclipsei.

Dar iată elementele și datele eclipsei totale de Lună de la 4 mai 1985 :

Momentul opoziției Soare — Lună : $4, 8168899$ mai 1985 =
= 4 mai, orele $19^h 36^m, 3$ TU

	Soare	Lună
Ascensia dreaptă la opoziție	2 ^h 47 ^m 13 ^s ,8	14 ^h 47 ^m 13 ^s ,8
Variație orară	+ 0 00 09,6	+00 02 23,6
Declinația la opoziție	+16°07'21'',7	−15°42'37'',4
Variația orară	+ 0 00 43,3	−00 15 15,7
Raza aparentă	15'53''	16'41''
Paralaxa orizontală ecuat.	8'',72	61'14'',18
$OC = \delta_{\odot} + \delta_{\zeta} = +0^{\circ}24'44'',4$	-----	49,5 mm
$OA = x' = 32',25$	-----	64,5 mm



8.1 Graficul eclipsei totale de Lună de la 4 mai 1985.

$$AD = y' = 14',54 \text{ ----- } 29,0 \text{ mm}$$

$$OD = \sqrt{x'^2 + y'^2} = 35',38 \text{ ----- } 70,8 \text{ mm}$$

$$CM = OC \frac{AD}{OA} = 11',15 \text{ ----- } 22,3 \text{ mm}$$

$$r_{\text{umbră}} = 46',3 \text{ ----- } 92,6 \text{ mm}$$

$$R_{\text{penumbră}} = 78',7 \text{ ----- } 157,4 \text{ mm}$$

Cu datele de aici, unde se vede că am adoptat scara $1' = 2 \text{ mm}$, am construit graficul din figura 8.1. Dar acum este momentul să vă arăt aici că, față de datele normale pe care le puteți găsi în *Anuarul astronomic al Centrului de Astronomie și Științe Spațiale*, trebuie să faceți o determinare mai precisă, mai ales pentru declinația Lunii în momentul opoziției, decât cea care poate fi obținută prin simplă interpolare lineară. Mai întâi, iată cum se face calculul acestui moment.

Să notăm cu $\alpha_{\odot}$ și $\alpha'_{\odot}$ ascensia dreaptă a Soarelui în ziua eclipsei și în ziua următoare (mereu la 0^h TU) și cu α_{ζ} , respectiv α'_{ζ} , ascensia dreaptă a Lunii la aceleași momente; iar fracțiunea de zi la care are loc opoziția Soare — Lună să o notăm cu x .

Să mai ținem cont de faptul că opoziția Soare — Lună reprezintă în același timp conjuncția dintre Lună și umbra Pământului, pentru care ascensia dreaptă este egală $\alpha_{\odot} + 12^h$. În aceste condiții, putem scrie că la momentul acestei conjuncții avem egalitatea :

$$\alpha_{\odot} + 12^h + x(\alpha'_{\odot} - \alpha_{\odot}) = \alpha_{\zeta} + x(\alpha'_{\zeta} - \alpha_{\zeta}) \quad (8.39)$$

Acum dacă notăm :

$$\alpha'_{\odot} - \alpha_{\odot} = \Delta\alpha_{\odot}$$

$$\alpha'_{\zeta} - \alpha_{\zeta} = \Delta\alpha_{\zeta}$$

vom avea valoarea lui x :

$$x = \frac{(\alpha_{\odot} + 12^h) - \alpha_{\zeta}}{\Delta\alpha_{\zeta} - \Delta\alpha_{\odot}} \quad (8.40)$$

Exemplul complet pentru eclipsa din 4—5 mai 1985 vă arată exact cum se aplică aceste relații.

Pe de altă parte, problema este puțin mai complicată în ce privește declinația Lunii. Într-adevăr, doar o aproximație grosieră ne autoriză să considerăm că declinația Lunii ar avea o variație lineară în 24 de ore și, pe această bază, să calculăm valoarea declinației pentru momentul conjuncției prin interpolare lineară. Pentru a avea însă o precizie corespunzătoare, trebuie să aplicăm o formulă de interpolare mai exactă, ca, de exemplu, formula lui Newton, a lui Stirling sau Struve etc. Fără a face teoria unei astfel de formule, iată schema de realizare a interpolării prin formula lui Newton.

Fie 5 valori succesive ale declinației Lunii la intervale de 24 de ore, prima fiind cea corespunzătoare zilei eclipsei, la orele 0^h TU, pe care le vom nota cu $f_1, f_2, \dots, f_5$. Din aceste valori, vom calcula diferențele $f_2 - f_1; f_3 - f_2; \dots, f_5 - f_4$ — diferențe pe care să le notăm cu $f'_1, f'_2, \dots, f'_4$; acestea vor fi diferențele de ordinul I.

Să calculăm acum diferențele de ordinul II, adică $f''_2 - f'_1$ etc. pe care le vom nota cu $f''_1, f''_2, \dots$ și mai departe, în același mod, diferențele de ordinul III și IV; la aceste ordine vom avea numai 2, respectiv o singură diferență. În această situație, dacă — așa cum spuneam — x este fracțiunea subunitară care se adaugă la prima zi, formînd momentul conjuncției, adică momentul pentru care căutăm valoarea declinației Lunii, vom calcula și valorile: $x(x-1)/2$; $x(x-1)(x-2)/6$ și $x(x-1)(x-2)(x-3)/24$; iar după aceasta, vom calcula produsele $f''_1 \cdot x$; $f''_2 \cdot x(x-1)/2$; $f'''_1 \cdot x(x-1)(x-2)/6$ și $f^{iv}_1 \cdot x(x-1)(x-2)(x-3)/24$.

Facem în continuare suma acestor produse (atenție la semne!) și o adunăm la prima valoare a declinației — cea extrasă din anuar pentru prima zi, la orele 0^h TU; rezultatul este valoare căutată. Iată ca exemplu, interpolarea pe baza formulei lui Newton, a valorii declinației Lunii la momentul 4,8168899 mai 1985.

$$\begin{aligned} \text{dacă } x=0,8168899 & \text{-----} A \\ x(x-1)/2 &= -0,0747904 \text{-----} B \\ x(x-1)(x-2)/6 &= +0,02949509 \text{-----} C \\ x(x-1)(x-2)(x-3)/24 &= -0,0160977 \text{-----} D \end{aligned}$$

Data	δ	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4
mai 4, 0 ^h TU					
	<u>-10°657222</u>	<u>-6°104445</u>	<u>+1°087223</u>	<u>+0°415833</u>	<u>-0°158612</u>
5	-16,761667	-5,017222	+1,503056	+0,257221	
6	-21,778889	-3,514166	+1,760277		
7	-25,293055	-1,753889			
8	-27,046944				

Se calculează produsele factorilor subliniați de la coloanele de diferențe și anume $A \cdot \Delta_1$; $B \cdot \Delta_2$; $C \cdot \Delta_3$; $D \cdot \Delta_4$; în continuare, facem suma acestor produse și o adunăm la valoarea din 4 mai la ora 0^h TU. Rezultatul este:

$$\delta_c = -15^\circ,710377 = -15^\circ 42' 37'',4.$$

Calculul cu diferențe finite pe care îl aplicăm aici, cuprinde și alte formule de interpolare: una dintre cele mai uzitate în astronomie este și formula lui Stirling, explicată mai jos.

Să presupunem că vrem să determinăm valoarea unei funcții $f(x_0 + n)$ unde n este un interval mai mic decât argumentul w tabelat. În acest scop, pornind de la valorile tabelate, alcătuim următoarea schemă:

Argument, A	$f(A)$	A^I	A^{II}	A^{III}	A^{IV}	A^V
$x_0 - 3w$	$f(x_0 - 3w)$					
		$A_{-5/2}^I$				
$x_0 - 2w$	$f(x_0 - 2w)$		A_{-2}^{II}			
		$A_{-3/2}^I$		$A_{-3/2}^{III}$		
$x_0 - w$	$f(x_0 - w)$		A_{-1}^{II}		A_{-1}^{IV}	
		$A_{-1/2}^I$		$A_{-1/2}^{III}$		$A_{-1/2}^V$
x_0	$f(x_0)$		A_0^{II}		A_0^{IV}	
		$A_{1/2}^I$		$A_{1/2}^{III}$		$A_{1/2}^V$
$x_0 + w$	$f(x_0 + w)$		A_1^{II}		A_1^{IV}	
		$A_{3/2}^I$		$A_{3/2}^{III}$		
$x_0 + 2w$	$f(x_0 + 2w)$		A_2^{II}			
		$A_{5/2}^I$				
$x_0 + 3w$	$f(x_0 + 3w)$					

Formula stabilită de Stirling (matematician scoțian, 1692—1770) are următoarea expresie:

$$f(x_0 + nw) = f(x_0) + nA_0^I + \frac{n^2}{2} A_0^{II} + \frac{(n-1)n(n+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3} A_0^{III} + \\ + \frac{(n-1)n^2(n+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} A_0^{IV} + \frac{n(n^2-1)(n^2-4)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} A_0^V$$

unde

$$A_0^I = 1/2(A_{-1/2}^I + A_{1/2}^I); \quad A_0^{III} = 1/2(A_{-1/2}^{III} + A_{1/2}^{III});$$

$$A_0^V = 1/2(A_{-1/2}^V + A_{1/2}^V)$$

iar formarea diferențelor nu pune probleme — ele calculându-se ca în formula de interpolare a lui Newton.

Ca să vă edificați mai bine, vom relua aici calculul pentru declinația Lunii în momentul conjuncției sale cu centrul umbrei terestre în ascensie dreaptă, la eclipsa totală de Lună de la 4—5 mai 1985. Reamintiți-vă (din cele de mai înainte) că, prin formula de interpolare a lui Newton, am găsit $\delta = -15^\circ,710377 = -15^\circ 42' 37'',4$. Pentru calcul, avem ca valoare pentru argumentul $w=0$ zi, în timp ce valoarea fracțiunii $n=0,8168899$ zile. Să alcătuim schema de mai sus:

Din valorile de mai sus și pe baza factorilor din formula de interpolare, găsim

$$n=0,8168899 \quad A_0^I = -6^\circ,4063054$$

$$\frac{n^2}{2} = 0,3336545 \quad A_0^{II} = +0^\circ,6047221$$

$$\frac{n(n^2-1)}{6} = -0,0452953 \quad A_0^{III} = +0^\circ,4756935$$

$$\frac{n^2(n^2-1)}{24} = -0,0092503 \quad A_0^{IV} = -0^\circ,006390$$

Argument, A	f(A)	A ^I	A ^{II}	A ^{III}	A ^{IV}	A ^V
1985, mai 1	+ 9,4219444					
2	+ 2°,8869444	-6°,535	-0°,299999			
3	- 3°,9480555	-6°,834999	+0°,1258334	+0°,4258336	+0°,0530534	-0°,059445
4	- 10°,6572222	-6°,7091665	+0°,6047221	+0°,4788887	-0°,006390	-0°,030272
5	- 16°,761666	-6°,104444	+1°,0772204	+0°,4724983		-0°,0366627
6	- 21°,778889	-5°,027224	+1°,513057	+0°,4358366		
7	- 25°,293056	-3°,514167				

$$\frac{n(n^2-1)(n^2-4)}{120} = +0,0075478 \quad A_0^V = -0°,0448586$$

Efectuînd produsele indicate în formulă și însumînd factorii, găsim pentru declinația Lunii valoarea $\delta = -15°,710526 = -15°,42'37''89$ deci o diferență nesemnificativă, de numai $0'',49$.

S-ar putea obiecta faptul că acest procedeu ar fi trebuit aplicat și pentru calculul ascensiilor drepte, ca și pentru declinația Soarelui. Este perfect adevărat; dar, pe de-o parte, chiar la o scară mai mare a graficului, precizia ar fi superflă; pe de altă parte, pentru un calcul foarte exact, puteam recurge la metoda analitică de care, propriu-zis, nu avem nevoie. Astfel am ajuns la o categorie de fenomene tot de genul eclipselor, dar cu mult mai frecvente, deci deseori observabile, și de recunoscută valoare științifică: este vorba de ocultațiile de stele și planete, adică de dispariția temporară a unor astfel de aștri în spatele discului Lunii.

Teoria matematică a ocultațiilor nu pune probleme deosebite. În fond se poate considera că o ocultație este un fel de eclipsă de Soare, în care astrul zilei este înlocuit de o stea — deci de un punct. Și chiar în cazul planetelor, date fiind dimensiunile aparente reduse ale discurilor acestora ($45''-60''$ cel mult), dacă nu căutăm o precizie deosebită, le putem considera tot un fel de ocultații stelare. Iată cauza pentru care, deși mai simplă decît în cazul eclipselor de Soare, nu voi dezvolta aici tehnica procedurii analitice, ci mă voi rezuma la a vă prezenta o metodă semigrafică, semianalitică de prevedere a ocultațiilor. Precizia obținută este destul de mare — erorile care afectează rezultatele nefiind mai mari decît 1—2 minute, ceea ce este suficient pentru a ști ce ocultație va avea loc și cînd. Iată deci despre ce este vorba.

Într-un loc oarecare de longitudine λ și latitudine φ , este posibil ca Luna să fie văzută ca trecînd în dreptul unei stele; aceasta trebuie să fie suficient de strălucitoare ca să

fie văzută, în pofida strălucirii Lunii care, uneori, este destul de mare. Acesta este motivul pentru care, de regulă, ocultările nu se calculează pentru stele cu magnitudinea mai mare de $6^m,4-6^m,5$. Problema care se pune este aceea de a determina momentele dispariției și reapariției stelei, ca și valorile unghiurilor de poziție corespunzătoare acestor momente, măsurate pe conturul discului selenar, în sensul cunoscut: N—E—S—V.

Pentru rezolvarea grafică a problemei avem nevoie de câteva elemente. Unele dintre ele le notăm, respectiv le calculăm, o dată pentru totdeauna: acestea sînt latitudinea geocentrică și longitudinea, adică elemente despre care am mai vorbit, la eclipsele de Soare.

Astfel, valorile $\rho \sin \varphi'$ și $\rho \cos \varphi'$ le avem calculate prin formulele (8.2); dar tot așa de bine le puteți determina și prin grupul de formule de mai jos:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi' &= 0,993307 \operatorname{tg} \varphi \\ \rho &= 1 - 0,00389 \sin^2 \varphi \end{aligned} \right\} \quad (8.41)$$

Urmează să determinăm valorile de care avem nevoie, pentru calculul elementelor cerute de determinarea grafică a momentelor unei ocultări. Cifrele primare le vom extrage tot din *Anuarul Centrului de Astronomie și Științe Spațiale* din București sau, eventual, din anuarele altor mari observatoare astronomice. Iată aici, o dată cu notațiile lor, care sînt aceste elemente:

- α_{ℓ} — ascensia dreaptă a Lunii;
- $\Delta\alpha_{\ell}$ — variația orară a ascensiei drepte a Lunii;
- $\Delta\alpha'_{\ell}$ — proiecția valorii $\Delta\alpha_{\ell}$ pe paralelul de declinație dată;
- δ_{ℓ} — declinația Lunii;
- $\Delta\delta_{\ell}$ — variația orară a declinației Lunii;
- p_{ℓ} — paralaxa orizontală ecuatorială a Lunii;
- r_{ℓ} — raza aparentă a discului Lunii.

Toate elementele indicate pînă aici se referă la centrul Pămîntului, adică sînt geocentrice; aceeași precizare se aplică și pentru coordonatele ecuatoriale ale stelei sau planetei care va fi, eventual, ocultată — α și δ fiind coordonatele astrului în cauză. Dar, dacă pentru Lună vom calcula

pozițiile aparente topocentrice, pentru stea sau chiar planetă, corecțiile pentru poziții topocentrice sînt prea mici la scara preciziei noastre; vom lucra deci cu cele direct indicate, fără să mai facem vreo corecție la ele. În fine, vom mai avea nevoie de valoarea timpului sideral, S_0 , la meridianul Greenwich la momentul conjuncției geocentrice a Lunii cu steaua în cauză, T_0 (acesta fiind exprimat în TU).

În posesia datelor primare, să trecem acum la calculul celor de care avem nevoie pentru construcția grafică.

Mai întîi, trebuie să determinăm momentul conjuncției geocentrice a stelei cu Luna — adică momentul T_0 , cînd avem prin definiție $\alpha_{\ell} = \alpha$. Pentru aceasta, vom extrage din anuar valorile coordonatelor ecuatoriale ale Lunii (vom avea nevoie, evident, și de declinație), în două zile consecutive; evident, față de ascensia dreaptă α a stelei, vom avea:

în prima zi: $\alpha_{1\ell} < \alpha$

în ziua a doua: $\alpha_{2\ell} > \alpha$

adică α se încadrează între cele două valori $\alpha_{1\ell}$ și $\alpha_{2\ell}$. De aici, un calcul simplu — deși nu foarte exact — ne conduce la valoarea momentului conjuncției, T_0 , δ_{ℓ} , respectiv $\Delta\alpha_{\ell}$ și $\Delta\delta_{\ell}$ astfel:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\alpha_{\ell} &= \frac{\alpha_{2\ell} - \alpha_{1\ell}}{24} \\ \Delta\delta_{\ell} &= \frac{\delta_{2\ell} - \delta_{1\ell}}{24} \end{aligned} \right\} \quad (8.42)$$

$$T_0 = \frac{\alpha - \alpha_{1\ell}}{\Delta\alpha_{\ell}} \quad (8.43)$$

Este de reținut faptul că T_0 se obține în ore și fracțiuni zecimale de oră, ca urmare a faptului că valorile cu care lucrăm — cele extrase din anuar — sînt indicate pentru orele 0^h TU, în timp ce valorile pentru ascensii drepte și declinații sînt obținute, după transformările de rigoare, în ore și fracțiuni zecimale de oră, precum și în grade și fracțiuni zecimale de grad. Calculul este și mai comod în acest fel. Înainte însă de a trece mai departe, am să fac și aici preci-

zarea pe care o făceam la problema graficelor eclipselor de Lună. Este vorba de faptul că pentru sporirea preciziei rezultatelor, ar fi foarte bine dacă în calculul declinației Lunii, am aplica, nu o interpolare lineară, ci o formulă de interpolare mai exactă ca, de exemplu, formula lui Newton pe care am aplicat-o acolo. Într-adevăr, valoarea pe care am luat-o ca bună în exemplul pe care îl veți vedea mai târziu, am aplicat numai formulele (8.42) fără erori prea mari, dar totuși, cu diferențe față de valoarea reală. Fără să anticipez, trebuie să vă spun că valoarea declinației Lunii, calculată prin a doua formulă (8.42) este de $-0^{\circ}03'31''.6$ în timp ce valoarea obținută pe baza formulei lui Newton este de $-0^{\circ}03'00''.4$, deci o diferență de $30''.8$, ceea ce nu e prea mult. În orice caz, printr-o metodă sau alta, vom găsi valoarea declinației Lunii la momentul conjuncției, aplicând formula de mai jos :

$$\delta_c = \delta_{1c} + T_c \Delta \delta_c, \quad (8.44)$$

iar după ce am calculat această valoare, stabilim și valoarea $\Delta \alpha'_c$ prin :

$$\Delta \alpha'_c = \Delta \alpha_c \cos \delta_c. \quad (8.45)$$

Observație : de regulă, pentru ca ocultația să fie posibilă, la latitudini $\varphi > 43^{\circ}N$, $\delta_c > \delta$ adică, văzută din centrul Pământului, Luna trebuie să treacă la nord de steaua sau planeta considerată. Dacă însă găsim că astrul nopții trece la sud de stea, inutil să mai continuăm calculul : nu se va produce ocultație pentru țara noastră, ci doar o apropiere aparentă mai mult sau mai puțin frapantă a conturului discului selenar față de astrul considerat.

Acum, pe baza valorilor geocentrice, să calculăm paralelele topocentrice în ascensie dreaptă și în declinație ale Lunii, pentru trei momente și anume :

$T_1 = T_c - 1^h$ adică pentru un moment situat cu o oră înaintea orei conjuncției dintre Lună și stea ;
 T_c ora conjuncției celor doi aștri ;
 $T_3 = T_c + 1^h$ adică pentru un moment situat la o oră după ora conjuncției celor doi aștri.

Pentru aceasta, avem nevoie de : 1) coordonatele ecuatoriale ale Lunii, α_c și δ_c la cele trei momente ; 2) variațiile

orare $\Delta \alpha_c$ și $\Delta \delta_c$ ale acestor coordonate. În această situație, coordonatele ecuatoriale ale astrului la cele trei momente vor fi :

$$\left. \begin{aligned} T_1 : \alpha_c - \Delta \alpha_c ; \delta_c - \Delta \delta_c \\ T_c : \alpha_c ; \delta_c \\ T_3 : \alpha_c + \Delta \alpha_c ; \delta_c + \Delta \delta_c \end{aligned} \right\} \quad (8.46)$$

Cu această ocazie, vă spun că uneori se face simțită necesitatea de a calcula aceste coordonate și pentru un moment $T_2 = T_c + 2^h$ la care, valorile coordonatelor ecuatoriale ale satelitului nostru natural vor fi $\alpha_c + 2\Delta \alpha_c$ și $\delta_c + 2\Delta \delta_c$.

Etapa următoare o reprezintă calculul unghiurilor orare ale Lunii la cele trei (sau patru) momente : ei se calculează prin formula

$$H_c = S_c + \lambda - \alpha_c \quad (8.47)$$

unde α_c este ascensia dreaptă a Lunii la momentele considerate, iar S_c este *timpu sideral pe meridianul Greenwich* în momentul T_c de mai sus ($i=0, 1, 2, 3$). Iar în formulele de mai jos, care ne dau valorile paralaxelor căutate (în ascensie dreaptă, p_α și în declinație, p_δ), coordonatele ecuatoriale sînt, evident, cele corespunzătoare momentelor T_i .

$$\left. \begin{aligned} p_\alpha &= p \cos \varphi' \sin H_c \\ p_\delta &= p (\sin \varphi' \cos \delta_c - \cos \varphi' \sin \delta_c \cos H_c) \end{aligned} \right\} \quad (8.48)$$

cu aceste elemente determinate, putem trece la construcția grafică propriu-zisă; pentru sporirea preciziei determinărilor, vom alege o scară convenabilă, suficient de mare. Vă propun, ca și în cazul graficelor eclipselor de Lună, să adoptați scara de $1' = 2 \text{ mm}$. Aici prezint direct un exemplu. Este vorba de ocultația unei frumoase stele duble — γ din constelația Fecioara (γ Virginis), care a avut loc în plină zi, la 19 noiembrie 1984 ; ea a putut fi observată cu o mică lunetă de numai 63 mm diametru și un grosiment de 84 de ori.

Am pregătit mai întâi elementele de mai înainte pentru Bacău, ca loc de observație (pentru exercițiu, puteți să refaceți și voi calculele pentru București sau altă localitate din țară). Și iată, folosind notațiile de mai înainte, valorile calculate :

$$\begin{array}{lll}
\text{Bacău} & \gamma \text{ Virginis} & \text{Luna, 19 XI 1984} \\
\lambda = 1^{\text{h}}47^{\text{m}}18^{\text{s}} & \alpha = 12^{\text{h}}40^{\text{m}}24^{\text{s}} & \alpha_{1\zeta} = 12^{\text{h}}16^{\text{m}}53^{\text{s}} \\
\varphi = 46^{\circ}25' & \delta = -1^{\circ}18'45'' & \delta_{1\zeta} = +2^{\circ}52'52'' \\
\varphi' = 46^{\circ}22'44.87 & & p_{\zeta} = 60'03'' \\
\rho = 0,9982326 & & r_{\zeta} = 16'22''
\end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
\text{Luna, 20 XI 1984} & \\
\alpha_{2\zeta} = 13^{\text{h}}09^{\text{m}}20^{\text{s}} & \\
\delta_{2\zeta} = -3^{\circ}40'33'' & \\
p_{\zeta} = 60'21'' & \\
r_{\zeta} = 16'27'' &
\end{array}$$

Cu aceste valori, determinăm mai întâi momentul T_0 :

$$T_0 = \frac{12^{\text{h}}40^{\text{m}}24^{\text{s}} - 12^{\text{h}}16^{\text{m}}53^{\text{s}}}{0,0364236} = 10^{\text{h}}760728 = 10^{\text{h}}45^{\text{m}}38^{\text{s}},6,$$

dat fiind faptul că $\Delta\alpha_{\zeta} = +0,0364236$ și $\Delta\delta_{\zeta} = -0,273206$.

Momentul T_0 exprimat în ore reprezintă 0,4483637 dintr-o zi: vom reține această valoare, pentru calcule ulterioare.

La momentul T_0 avem egalitatea ascensiei drepte a Lunii cu cea a stelei și trebuie să calculăm diferența de declinație între cei doi astri — evident, după ce am determinat declinația Lunii în momentul conjuncției — fie prin cea de a doua formulă (8.42), fie prin interpolare pe baza formulei lui Newton: aici am calculat-o prin primul procedeu:

$$\begin{aligned}
\delta_{\zeta} &= +2^{\circ}52'52'' - 0^{\circ}16'23'' \times 10,760 = +2^{\circ}88'11'' - \\
&- 0^{\circ}27'32'' \times 10,760 = -0^{\circ}03'31'',6.
\end{aligned}$$

De aici, cu valoarea declinației stelei, găsim diferența de declinații în momentul conjuncției:

$$\delta_{\zeta} - \delta = -0^{\circ}05'87843 + 1^{\circ}31'25'' = +1^{\circ}25'37157 = +1^{\circ}15'13''4.$$

După cum se vede, Luna trece, văzută din centrul Pământului, la nord de stea — deci condiția de probabilitate a ocultăției este îndeplinită: putem așadar, să mergem mai departe.

Să vedem acum care sînt coordonatele ecuatoriale ale Lunii la momentele T_i ($i=0, 1, 2, 3$)

Ascensie dreaptă

$$\begin{aligned}
T_1 & 12^{\text{h}}673333 - 0^{\text{h}}0364236 = 12^{\text{h}}63691 \\
T_0 & 12^{\text{h}}673333 = 12^{\text{h}}67333 \\
T_2 & 12^{\text{h}}673333 + 0^{\text{h}}0364236 = 12^{\text{h}}709757 \\
T_3 & 12^{\text{h}}673333 + 0^{\text{h}}0728472 = 12^{\text{h}}746181
\end{aligned}$$

Declinație

$$\begin{aligned}
& -0^{\circ}0587843 + 0^{\circ}273206 = +0^{\circ}21772 \\
& -0^{\circ}0587843 = -0^{\circ}05878 \\
& -0^{\circ}0587843 - 0^{\circ}273206 = -0^{\circ}33199 \\
& -0^{\circ}0587843 - 0^{\circ}546412 = -0^{\circ}60520
\end{aligned}$$

După acest calcul, trebuie să calculăm unghiurile orare corespunzătoare, pe baza formulei (8.47) și, în continuare, paralaxele în ascensie dreaptă și în declinație, corespunzătoare, pe baza formulelor (8.48). Înainte însă trebuie să facem o paranteză, referitoare la calculul *timpului sideral* , la o anumită oră. Acest calcul nu comportă nici o dificultate, dacă știm că pentru o oră de *timp solar mijlociu* (timpul civil obișnuit), corespunde $1^{\text{h}}00^{\text{m}}09^{\text{s}},86$ de timp sideral. Tabelele necesare acestor transformări le veți găsi la finele acestei cărți, extrase din *Anuarul astronomic al Centrului de Astronomie și Științe Spatiale*; citiți despre metoda de calcul, iată una dintre căile posibile, extrase tot din anuarul citat. Să calculăm deci ora siderală la meridianul Greenwich, corespunzătoare orei T_0 de timp solar mijlociu:

$$\begin{array}{rcl}
10^{\text{h}}45^{\text{m}}38^{\text{s}},6 & \text{TU} & \\
+ 1 \ 38,6 & \text{corecție pentru } 10^{\text{h}} & \\
7,4 & \text{corecție pentru } 45^{\text{m}} & \\
0,1 & \text{corecție pentru } 38^{\text{s}} & \\
\hline
10^{\text{h}}47^{\text{m}}24^{\text{s}},7 & \text{timp sideral echivalent} & \\
+ 3 \ 52 \ 49,1 & \text{timp sideral la } 0^{\text{h}} \text{ TU (se află} & \\
& \text{înscriș în tabelele cuprinzînd efe-} & \\
& \text{merida Soarelui} &
\end{array}$$

$$14^{\text{h}}40^{\text{m}}13^{\text{s}},8$$

sau, rotunjit, $14^{\text{h}}40^{\text{m}}14^{\text{s}} = S_0$

În același mod, găsim pentru celelalte trei momente T_i :

$$T_1 = 13^h 40^m 04^s; T_2 = 15^h 40^m 24^s; T_3 = 16^h 40^m 33^s$$

Acum putem aplica formulele (8.47) pentru calculul lui H :

$$T_1, H_1 = 13^h 40^m 04^s + 1^h 47^m 18^s - 12^h 38^m 13^s = 2^h 49^m 09^s = 42^\circ, 2875$$

$$T_2, H_2 = 14^h 40^m 14^s + 1^h 47^m 18^s - 12^h 40^m 24^s = 3^h 47^m 08^s = 56^\circ, 7833$$

$$T_3, H_3 = 15^h 40^m 24^s + 1^h 47^m 18^s - 12^h 42^m 35^s = 4^h 45^m 07^s = 71^\circ, 2792$$

$$T_4, H_4 = 16^h 40^m 33^s + 1^h 47^m 18^s - 12^h 44^m 47^s = 5^h 43^m 04^s = 85^\circ, 7667$$

Transformarea finală în grade și fracțiuni zecimale de grad nu este o operație complicată, știind că 1^h corespunde la 15° , 1^m corespunde la $15'$ și 1^s corespunde la $15''$: de altfel, tabele de transformare găsiți în *Anuarul* menționat. Dar această transformare este necesară, întrucât avem nevoie de valorile sin și cos ale unghiurilor orare, pentru calculul paralaxelor prin formulele (8.48). Vom interpola și valorile p_α și r_α pentru momentul T_0 — nu și pentru celelalte trei momente, variațiile fiind mult prea mici; calculul ne dă imediat $p_\alpha = 60', 16$ și $r_\alpha = 16', 4$.

Și iată acum valorile calculate pentru paralaxe, pe baza formulelor (8.48), la momentele T_i :

Momentul	p_α	p_δ
$T_1 = T_0 - 1^h$	28', 0	42', 2
$T_2 = T_0$	34', 8	43', 4
$T_3 = T_0 + 1^h$	39', 4	43', 4
$T_4 = T_0 + 2^h$	41', 4	43', 4

Cu acestea, avem acum toate datele necesare construirii graficului ocultăției, calculând și valoarea proiecției variației ascensiei drepte a Lunii pe paralel, cu formula (8.45):

$$\Delta\alpha'_1 = 0^h, 0364236 \cos(-0^\circ, 0587843) = 0^h, 0364236,$$

dat fiind faptul că $\cos(-0^\circ, 0587843)$ este practic egal cu unitatea. Să trecem toate aceste valori într-un mic tabel, ca și cifrele corespunzătoare în milimetri, potrivit scării adoptate: $1' = 2 \text{ mm}$

Elementul	Valoarea	Notație pt. segment	[mm]
δ_1	$-0^\circ, 0587843$	—	—
$\Delta\alpha'_1$	$+0^\circ, 32' 78, 12$	$AB; AC; AE$	65, 6
$\Delta\delta$	$+1^\circ, 2537157$	BD	150, 4
$\Delta\delta_1$	$-0^\circ, 273206$	$AF; CG$	32, 8
r_1	16, 4	—	32, 8
$p_\delta T_1$	42, 4	FF'	84, 4
$p_\delta T_0$	43, 4	BB'	86, 8
$p_\delta T_2$	43, 4	GG'	86, 8
$p_\delta T_3$	43, 4	PP'	86, 8
$p_\alpha T_1$	28, 0	$F'F''$	56, 0
$p_\alpha T_0$	34, 8	$B'B''$	69, 6
$p_\alpha T_2$	39, 4	$G'G''$	78, 8
$p_\alpha T_3$	41, 4	$P'P''$	82, 8

Cu aceste cifre am construit graficul din figura 8.2 care aici, este redus ca scară, din necesități tipografice. Procedul de construcție nu este greu: iată cum se face.

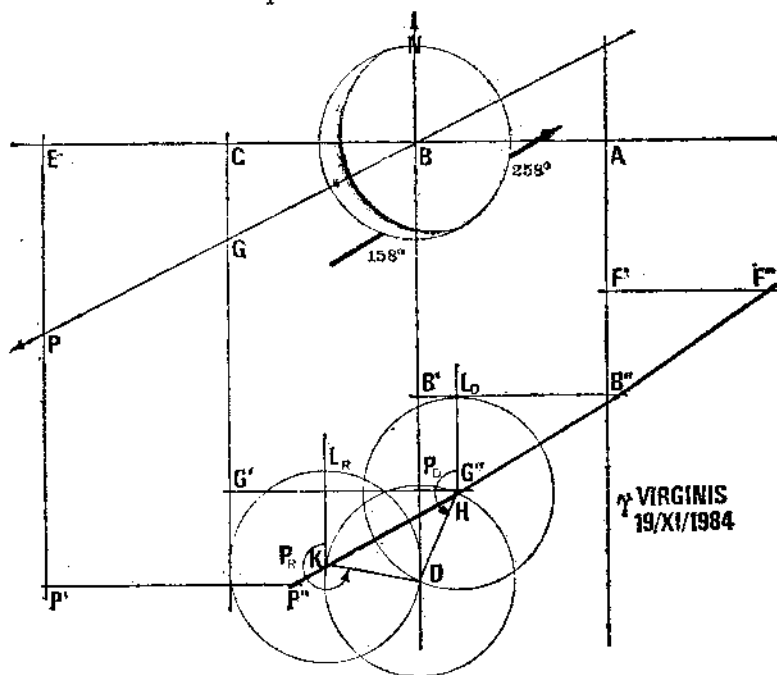
Mai întâi trasăm o dreaptă orizontală, care reprezintă paralelul de declinație egală cu declinația Lunii la momentul T_0 . Pe aceasta, trasăm dreptele perpendiculare din punctele A, B, C și E , care reprezintă, prin distanțele lor, deplasarea Lunii în fiecare oră — deci sînt dreptele pentru momentele T_1, T_0, T_2 și T_3 .

Pe dreapta BD — deci pe cea corespunzătoare momentului T_0 , fixăm distanța BD , adică distanța $\Delta\delta$; punctul D reprezintă locul stelei γ Virginis din exemplul nostru. În punctele B și D trasăm cercuri cu raza egală cu raza aparentă a Lunii (r_1) și mai departe, marcăm valorile FA și CG , iar în continuare, valorile pentru p_α și p_δ : desenul vorbește de la sine. Atentie! Valorile p_δ se trasează pe dreptele pentru momentele T_i , iar cele pentru p_α sînt perpendiculare pe aceste dreptele. Unind punctele F'', B'', G'' și P'' , obținem *traectoria observată* a Lunii în intervalul cuprins între momentele $T_0 - 1^h$ și $T_0 + 2^h$. Apoi, în punctele H și K , unde cercul cu centrul în D intersectează această traiectorie, trasăm cercuri cu raza egală cu r_1 . Evident, ele cuprind pe

conturul lor punctul D ; or, cercul cu centrul în punctul H reprezintă poziția Lunii în momentul dispariției steii, iar cel cu centrul în K — poziția satelitului nostru natural, în momentul reapariției steii din spatele său.

Cum citim momentele în timp ale acestor două faze este simplu.

Priviți figura 8.2. Segmentele $F''B''$, $B''G''$, $G''P''$ marchează deplasarea conturului Lunii în intervale de câte o oră. Rezultă că raportul dintre numărul de minute dintr-o



8.2 Graficul ocultației steii γ din constelația Fecioarei, la 19 noiembrie 1984

oră și lungimea fiecăruia dintre aceste segmente semnifică numărul de minute pe milimetru de grafic. Iar segmentele $G''H$, respectiv KP'' reprezintă numărul de minute care trebuie însumate la momentul T_0 pentru a afla orele de imersiune și de emersiune ale steii. Altfel spus, avem formulele simple :

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= \frac{60}{G''P''} \times G''H & T_{\text{disp}} &= T_0 + V_1 \\ V_2 &= \frac{60}{G''P''} \times G''K & T_{\text{resp}} &= T_0 + V_2 \end{aligned} \right\} \quad (8.49)$$

După cum vedeți, în rapoarte apare același segment de bază — $G''P''$; se poate însă foarte bine să apară altele dintre ele și atunci va trebui să raportăm segmentele specifice numărului de minute (gen $G''H$ sau $G''K$), la segmentele respective, care ne sînt desemnate ca atare prin pozițiile punctelor H și K .

Cît privește unghiurile de poziție, acestea se măsoară pe conturul Lunii, de la punctul nord al discului selenar, spre est; veți găsi în figura 8.3 o mică hartă a Lunii cu unghiuri de poziție. În cazul nostru, ca și în toate cazurile, unghiul de poziție al punctului de imersiune este dat de unghiul $L_D HD$ — în cazul nostru, de 121° —, iar cel de emersiune, de unghiul $L_R KD$, care la noi are valoarea de 259° . Cum le-am construit? Pentru unghiul de poziție al imersiunii, am trasat prin punctul H o paralelă la dreapta BD și apoi am unit punctul H cu D ; iar pentru unghiul de poziție al emersiunii, am trasat o paralelă tot la dreapta BD , de data aceasta prin punctul K , pe care l-am unit și cu punctul D . Unghiurile P_D și P , de pe figură sînt tocmai elementele căutate. Și iată problema rezolvată.

Ar mai rămîne să desenați și faza sub care se prezintă Luna la momentul ocultației. Vedeți, pe desenul nostru, Luna apare ca o seceră: este faza de Ultim Pătrar, ziua VI-a. Pentru a găsi faza corectă, aplicați următoarea formulă

$$\text{ctg } \vartheta = \frac{\cos \delta_\odot \text{tg } \delta_\odot - \sin \delta_\odot \cos (\alpha_\odot - \alpha_\odot)}{\sin (\alpha_\odot - \alpha_\odot)} \quad (8.50)$$

în care simbolul $\odot$ se referă la Lună, iar $\odot$ se referă la Soare.

Unghiul ϑ va fi construit pe cercul cu centrul în B , pornind de la punctul N în sens retrograd și este unghiul NBa ; punctul a este mijlocul fazei Lunii; iar de aici, duceți o perpendiculară pe raza Ba a cercului, care va intersecta cercul în punctele c și d . Acestea sînt capetele secerii noastre



8.3 Hartă generală a Lunii, cu unghiuri de poziție.

din figură; și acum, din punctul a , marcați arcul al' în sensul acelor ceasornicului, corespunzător unghiului ψ dat de formula:

$$\psi = 12^\circ 19' \tau, \quad (8.51)$$

unde τ este vârsta Lunii. Aceasta se interpolează obișnuit, pentru momentul T_0 , pe baza „vârstei Lunii” pe care o găsiți tot în *Anuarul astronomic*, pentru fiecare zi la orele 0^h TU.

De aici, e mai simplu. Se pune valoarea unghiului ψ , pornind de la punctul a de așa manieră încât el ajunge undeva

pe circumferință. Coborând din acest punct o perpendiculară pe dreapta aB , găsim vârful terminatorului fazei Lunii; și dacă unim printr-un arc (un fel de meridian dacă vreți) punctul obținut cu cele ale vîrfurilor coarnelor, obținem faza Lunii.

Nu știu dacă vi se pare dificilă această construcție. Dar, în orice caz ea este suficient de precisă — erorile nu depășesc cel mult un minut de timp și sînt cu atât mai mici, cu cît cunoașteți mai bine coordonatele geografice ale punctului de observație, ca și în măsura în care graficul pe care îl construiți este mai mare și deci, mai precis. Eu am luat 2 mm pentru 1', dar puteam lua și 4 sau 5 mm, sporind precizia graficului.

O dată cu ocultările, am terminat și capitolul referitor la elaborarea efemeridelor, iar în final este prezentată o listă a stelelor mai importante care pot fi oculte de Lună în decursul anilor. Evident, nu se poate spune care dintre ele și, exact, zilele cînd vor fi oculte — ar trebui să mai adaug aici cîteva zeci de pagini, numai cu tabele; dar veți căuta și voi, urmărind, de exemplu mișcarea Lunii pe cer, cam cînd se apropie de vreo stea dintre cele cuprinse în listă, sau comparînd cu aproximație coordonatele Lunii cu cele ale stelelor, prin interpolări simple pentru declinația astrului, cînd ascensiunile drepte ale diferitelor stele sînt aproximativ egale de ascensia dreaptă a Lunii. Dacă această diferență este de ordinul unui grad sau mai puțin, fiți atenți — e posibilă o ocultare, cu condiția ca poziția geocentrică a Lunii să fie la nord de astru în momentul conjuncției. Tabelul promis cuprinde nu mai puțin de 46 de stele mai strălucitoare — pînă la magnitudinea 4^m,0 susceptibile de a fi oculte. Pentru a facilita determinarea perioadelor în care acestea pot fi oculte, veți găsi în tabel și perioadele generale în care ele vor fi subiect al unor asemenea fenomene, pînă în anul 2000. Precizez că aceste perioade sînt indicate cu aproximație de 0,1 ani; în același timp însă, ținînd cont de anumite simplificări introduse în calcule, pot apărea diferențe pînă la 0,2 ani, în plus sau în minus, ceea ce nu constituie totuși un impediment: oricum va trebui să examinați mai îndeaproape condițiile posibilității ocultărilor respective.

Tabelul nu pune probleme — în afară de prima coloană. Aici este indicat numărul stelei, după Catalogul de Stele Zodiacale; acest număr trebuie indicat de fiecare dată cînd trimiteți observații de ocultări la vreun observator

Tabelul 8.1
Stele susceptibile de a fi oculte de către Lună

Indicativ de catalog ZC	Steaua	m_v	Perioade de ocultație
692	α Taurul—Aldebaran	1,1	1996,6—2 000,0
1 925	α Fecioara — Spica	1,2	1987,1—1988,7 și 1993,9—1995,4
2 366	α Scorpionul—Antares	1,2	1986,4—1991,5
1 487	α Leul — Regulus	1,3	1988,4—1989,8
810	β Taurul	1,8	1986,4—1990,1
2 750	σ Săgetătorul	2,1	1983,9—1985,9 și 1988,5—1990,5
2 290	δ Scorpionul	2,5	1985,1—1986,6 și 1991,8—1993,5
2 655	δ Săgetătorul	2,8	1987,6 (?)
2 112	α Balanța	2,9	1984,6—1986,1 și 1994,3—1995,7
2 302	β Scorpionul	2,9	1993,8—1995,2
1 821	γ Fecioara	2,9	1984,7—1986,4
2 383	τ Scorpionul	2,9	1987,9—1989,7
2 672	λ Săgetătorul	2,9	1990,1—1991,7
552	η Taurul (Pleiadele)	3,0	1986,5—1992,3 cu stelele din roi
3 190	δ Capricornul	3,0	1987,3—1988,9
847	ξ Taurul	3,0	1993,4—1994,9
2 287	π Scorpionul	3,0	1987,5—1991,0
2 797	π Săgetătorul	3,0	1991,8—1993,4
2 349	σ Scorpionul	3,1	1986,1—1991,9
1 030	ϵ Gemenii	3,2	1990,0—1991,5
976	μ Gemenii	3,2	1992,0—1993,4
946	η Gemenii	(var.)	1992,2—1993,6 (variabilă 3 ^m ,3—3 ^m ,9)
2 969	β Capricornul	3,2	1997,5—2 002,2
2 721	ϕ Săgetătorul	3,3	1984,3—1990,3
2 500	θ Ofiuc	3,4	1991,1—1992,6
2 784	τ Săgetătorul	3,4	1985,0—1989,2

Tabelul 8.1. (continuare)

Indicativ de catalog ZC	Steaua	m_v	Perioada de ocultații
1 110	δ Gemenii	3,5	1991,0—1992,4
1 484	η Leul	3,6	1982,6—1987,2
2 759	ξ Săgetătorul	3,6	1992,1—1993,6
671	$\theta_{1,2}$ Taurul	3,6	1999,1—2 002,2
668	ϵ Taurul	3,6	1994,4—1996,1
1 106	λ Gemenii	3,6	1995,2—1997,8
1 170	χ Gemenii	3,7	1988,4—1990,2
221	η Peștii	3,7	1989,1—1993,0
1 077	ζ Gemenii	(var.)	1992,2—1993,8 (variabilă 3 ^m ,7—4 ^m ,2)
1 428	α Leul	3,8	1991,2—1993,6
560	27 Taurul	3,8	1986,6—1992,3
1 712	β Fecioara	3,8	1986,9—1988,3
3 171	γ Capricornul	3,8	1987,4—1989,1
537	17 Taurul	3,8	1986,6—1992,3
3 353	λ Vărsătorul	3,8	1987,9—1989,3
1 547	ρ Leul	3,8	1988,3—1989,7
635	γ Taurul	3,9	1998,3—2 003,1
1 122	ι Gemenii	3,9	1985,4—1988,3
2 779	α Săgetătorul	3,9	1991,5—1993,0
2 826	ρ Săgetătorul	4,0	1998,1—2 004,3

interesat, alături de numele stelei. De asemenea, poate fi remarcat faptul că pentru unele stele am indicat perioade de ocultație și dincolo de anul 2 000—ca urmare a faptului că aceste perioade încep încă în secolul al XX-lea. Există un singur caz în această listă, unde perioada este indicată cu semn de întrebare: steaua nr. 2655— δ Săgetătorul; ea va fi ocultată, dar fenomenele nu vor putea fi observate de cît în cîteva regiuni de pe Pămînt, astfel că nu pot preciza dacă aceste fenomene vor putea fi observate și de la noi din țară.

Ce va trebui să faceți voi, în posesia acestui tabel?

Ținând cont de faptul că tabelul se referă la ocultații în sens *geocentric*, vor trebui determinate în primul rând niște elemente referitoare la vizibilitatea de principiu a fenomenelor; altfel spus, înainte de a calcula datele concrete, va trebui să verificați trei elemente și anume:

— dacă în momentul conjuncției Lunii cu steaua în cauză, cei doi aștri se vor afla deasupra orizontului;

— dacă în momentul conjuncției, pentru un observator plasat în centrul Pământului, Luna se va afla la nord sau la sud de stea; știți de altfel că dacă satelitul nostru natural trece în aceste condiții la sud, din țara noastră nu va putea fi observată ocultația;

— care este distanța minimă unghiulară dintre stea și centrul Lunii, în momentul conjuncției. Pentru a se produce o ocultație, această distanță trebuie să fie cel mult egală cu raza aparentă a discului selenar. Dacă distanța este mai mică, ocultația va avea loc; iar dacă este egală cu raza aparentă a Lunii, vom putea avea cazul unei ocultații razante — fenomen deosebit de interesant și important pentru selenologie.

Dacă am vorbit de ocultații, să vă mai dau ceva pentru viitor și anume epocile unor conjuncții „strânse” între planete, sau între câte o planetă și unele stele mai strălucitoare.

Se știe că, văzute de pe Pământ, planetele descriu traiectorii marcate de „bucle paralactice” (staționare — mișcare retrogradă — staționare) prin dreptul fondului stelar. Dar cum perioadele lor siderale sînt complet diferite, avem numeroase conjuncții ale planetelor între ele, ca și ale planetelor cu diferite stele aflate în preajma eclipticii. Ei, bine, cîteodată la aceste conjuncții distanțele unghiulare aparente se reduc foarte mult; iar în cazuri extrem de rare, au loc chiar ocultații — planetă cu planetă sau planetă cu stea. Astfel de ocultații ale unor stele mai strălucitoare au o deosebită importanță științifică: păcat că ele sînt foarte rare. De exemplu, ultimele trei astfel de ocultații au avut loc la: 7 iulie 1959 (ocultația stelei Regulus de către planeta Venus); ea se va repeta la 1 octombrie anul 2044; o a doua a avut loc la 13 mai 1971, cînd planeta Jupiter a ocultat steaua β din constelația Scorpionul, iar cea de a treia s-a produs la 17 noiembrie 1981 cînd tot planeta Venus a ocultat steaua σ din constelația Săgetătorul. De remarcat

și faptul că, cu ocazia ocultației din 1971, nu numai Jupiter a ocultat steaua, dar și primul satelit mare al planetei, Io, a trecut în dreptul aceleiași stele.

Deși lipsite de importanță științifică, conjuncțiile „strînse” — adică cele care au loc la distanțe unghiulare mici — au un pronunțat caracter de spectaculozitate. Iată motivul pentru care se prezintă aici, în tabelul 8.2, o listă a acestor fenomene, pentru o perioadă mai lungă și anume, pînă în anul 2017 pentru conjuncții între planete, respectiv între planete și stele. Cu această ocazie veți remarca și cele două ocultații ale unor stele, provocate de planeta Jupiter.

Tabelul 8.2
Conjuncții strînse între planete și între planete și stele

Data	Ora [TU]	Conjuncție între	Distanță unghiulară minimă	Engație față de Soare
1985, sept. 4	21 ^h 00 ^m	Mercur și Marte	46''	16° V
1988, febr. 22	20 48	Marte și Uranus	40	63 V
1989, aug. 5	21 54	Mercur și Marte	47	18 E
1990, oct. 16	6 03	Mercur și Venus	88	4 V
1994, febr. 16	2 52	Venus și Saturn	86''	7 E
1994, dec. 24	17 35	Jupiter și β Scorpion	15'	32 V
1995, sept. 24	23 40	Jupiter și α Ofiuc	19''	68 E
1966, mart. 6	13 27	Jupiter și v_2 Săget.	10	ocultație 83 E
1997, nov. 13	2 46	Jupiter și — 18° 5862	13	ocultație 13 E
2000, mai 17	10 31	Venus și Jupiter	42	7 V
2013, mart. 22	18 16	Marte și Saturn	39	6 E
2017, ian. 1	7 06	Marte și Neptun	67''	59° E

Voi mai adăuga aici și ocultațiile periodice provocate de Lună, ale roiului stelar M.44 (Praesepe) din constelația Racul. Deși stelele sale sînt mult mai palide decît cele ale

roiului Pleiadelor, din constelația Taurul — cea mai luminoasă (ϵ Racul — ZC 1 299) are magnitudinea 6^m30 —, ocultațiile acestui roi pot fi observate în bune condiții cu orice instrument astronomic, indiferent de dimensiunile lui. Viitoarea perioadă de ocultații a acestui roi stelar va avea loc între anii 1989,2—1990,6.

O dată cu datele referitoare la această clasă de fenomene, am terminat și capitolul — poate mai dificil decât altele — privitor la elaborarea efemeridelor. După cum vedeți, acestea constituie instrumentul strict necesar pentru pregătirea observațiilor; el are o mai mică legătură cu prelucrarea rezultatelor. Dar un astronom liber trebuie să știe, nu numai ce anume să observe și cum să facă observațiile sau care este metodologia prelucrării rezultatelor: el trebuie să cunoască și modalitățile prin care se pregătesc elementele teoretice ale acestor lucrări. Așa că, recomand tinerilor astronomi amatori să nu evite această latură foarte importantă a activităților astronomice viitoare. Drept consecință a acestor cerințe, vă sfătuiesc să luați exemplele pe care le-am dat pentru fiecare dintre subiectele teoretice de aici și să le prelucrați și voi, pentru a învăța micile artificii de calcul care apar; iar după aceea, luați alte exemple și tratați-le prin aceleași procedee, verificând rezultatele, cu ajutorul datelor publicate în diferitele lucrări de specialitate. În cazul în care întâmpinați dificultăți, prin scrisori voi încerca să vă ajut să „ieșiți din încurcături”, pentru a putea învăța și mai mult din acest vast domeniu al cunoașterii care este astronomia...

Capitolul IX

IN LOC DE INCHEIERE

Iată-ne ajunși la sfârșitul acestei cărți. Nu mă îndoiesc de faptul că ea vă va pune multe probleme pe care veți dori să le rezolvați, pe cât posibil mai repede. Dar ce înseamnă repede? Nu veți putea construi telescopul într-o săptămână și nici nu veți putea „termina” cu Jupiter în răstimp de o lună! „Festina lente” — „grăbiți-vă încet” — spuneau latinii: dictonul acesta este perfect aplicabil în desfășurarea pasiunii voastre pentru infinitul astral. Și fără să am pretenția de a da sfaturi cu caracter de axiome, aș face în acest final, câteva recomandări.

Mai întâi este vorba de caracterul activității — activitate individuală și de grup. Așa cum am mai spus, cea mai bună soluție este aceea de acțiune colectivă: alcătuiți un cerc de pasionați ai științei despre aștri eventual la nivelul școlii și rezolvați problemele teoretice și practice în cadrul acestei formații. Acest lucru este perfect aplicabil în special în ce privește prelucrarea observațiilor, unde vă veți trezi că aveți atâtea măsurători de făcut că vă va fi imposibil de a le face „de unul singur”. De exemplu, pe un singur clișeu al planetei Jupiter veți avea uneori cel puțin 10—12 puncte de măsurat; iar dacă puneți la socoteală și faptul că fiecare măsură trebuie repetată de 4 sau 5 ori, nu se poate spune că nu aveți de lucru! Și aceeași va fi situația când veți face observații sistematice asupra mișcărilor proprii ale petelor solare, mai ales în cazul grupurilor de pete cu caracter complex: un singur grup de pete de acest gen poate necesita 80—100 de măsurători, ceea ce nu este chiar atât de ușor de făcut — nu aveți numai probleme astronomice de rezolvat în activitatea cotidiană...

Pe de altă parte, se pune și problema activității individuale, care reprezintă dacă vreți, elementul primar. În-

tr-adevăr, observația se face exclusiv de către fiecare observator, independent de ceilalți, mai ales în cazul desenelor planetare, în cazul proiecțiilor discului solar și chiar în acela al observațiilor vizuale de stele variabile. Aici chiar este contraindicat să arătați rezultatele altor observatori care urmează să lucreze în minutele următoare: fără să vrea, aceștia vor reține în memorie detalii ale desenelor voastre și le vor marca pe propriile desene, alterând în mod ireparabil, chiar fără voia lor, rezultatele lor personale. După ce ați încheiat ședința de observații e altceva—atunci veți putea compara desenele sau notele fotometrice referitoare la strălucirea unei variabile sau a unei comete, fără nici un fel de consecințe negative.

Și tot în activitatea de grup, de elementele sale pozitive se poate vorbi și în cazul construcțiilor. Cunoscutul specialist francez în materie de optică astronomică Jean Texereau spunea odată că mai mulți operatori au fost puși să lucreze pe aceeași oglindă de telescop, cu obligația elementară de a face „exact același operații la slefuire”. Așa de exact le-au făcut—dar fiecare în felul său—că oglinda respectivă a ieșit mai bună decât oricare dintre oglinzile executate exclusiv individual: cauza o constituia faptul că nici unul, nici altul dintre operatori, nu putea face exact aceleași mișcări—de unde și varietatea care, potrivit legilor numerelor mari, conducea la eliminarea automată a tendințelor de greșeli sistematice care ar fi condus la erori periodice ale suprafeței optice. Potrivit acestui principiu, vă recomand și eu același lucru—lucrați mai mulți operatori pe aceeași oglindă, lucrând „în același fel”, după faza operației în curs.

Poate că unii vor spune în acest final: chiar dacă vom lucra potrivit recomandărilor ce facem cu observațiile? Care este în fond valoarea lor științifică? La acestea voi răspunde cu câteva generalități; mai precis, am să dau câteva elemente de acest fel, dar și unele date pe cât posibil mai concrete. Și voi începe cu acestea din urmă.

Nu știu în ce măsură dețineți niște informații mai detaliate asupra faptului că Pata Roșie de pe planeta Jupiter are longitudine continuu variabilă—v-am spus ceva despre aceasta, la momentul potrivit. Dar, peste această variație cu caracter aleator, a fost descoperită o oscilație cu amplitu-

tudinea de circa 2° și perioada de aproximativ 80 de zile, care nu poate fi pusă în evidență decât prin observații cât mai precise; cu atât mai mult, precizia necesară poate fi atinsă prin mărirea numărului de observații de poziție.

Care sînt cauzele acestor variații? Ce legi dirijează mișcarea proprie a Petei Roșii, avînd ca rezultat mișcarea acesteia, de cele mai multe ori diferită față de aceea a *Benzii Ecuatoriale Sud* și ce fenomen anume provoacă oscilația cu caracter sinusoidal a longitudinii acestei remarcabile formații? Încă nu știm practic nimic; de aici necesitatea obținerii unui material faptic cât mai bogat, care să ne permită descoperirea relațiilor dintre diferitele fenomene ale planetei. Și legat tot de această formație: atît cît se vor mai menține (fiind pe cale de dispariție), se cer observații cît mai numeroase asupra celor trei WOS—BC, DE și FA—, mai ales în perioadele în care acestea trec în conjuncție cu Pata Roșie. Și aici au fost puse în evidență fenomene deosebit de interesante, ca, de exemplu un fel de acțiune de respingere a Petei Roșii față de WOS, tradusă printr-o reducere a vitezei în mișcările proprii ale acestora la apropierea față de Pată, urmată de o accelerare la îndepărtare, după care se revine la viteza normală. Concluzia? Cît mai multe observații, pentru stabilirea proprietăților și naturii forței repulsive a Petei Roșii—pe deasupra căreia, în treacăt fie spus, nu au fost observate vreodată treceri ale unor detalii. Cine se interesează de astfel de observații? Toate marile grupări de astronomi amatori conduse de *spectaliști*, care adună, sintetizează aceste observații și le pun la dispoziția teoreticienilor—nu cu rugămintea ca aceștia să le primească, ci la cererea lor expres formulată în acest sens.

Alt exemplu. Astăzi sînt cunoscute peste 20 000 de stele variabile; dar numărul astronomilor profesioniști „variabilisti” este extrem de mic. Cine vreți, dacă nu astronomii amatori sau independenți să le observe? Cine alții decât aceștia se pot ocupa de prelucrarea observațiilor proprii pentru a putea ușura misiunea astronomilor de profesie în direcția stabilirii elementelor de sinteză? Și același lucru se poate spune și despre miile de stele duble—să zicem—clasice, care nu au mai fost observate de decenii—, specialiștii fiind ocupați cu acelea ale căror componente au

distanțe unghiulare mai mici de $0^{\circ},5$. Or, stelele duble cu distanțe de $3''-4''$ între componente formează acum apajul prin excelență al deținătorilor de instrumente de $15-30$ cm cu diametru, adică, al astronomilor amatori.

Încă un exemplu. Se pare că unele pete solare de tip H și J — adică pete cu caracter singular — au mișcări oscilatorii în longitudine, oarecum similare celor ale Petei Roșii despre care am vorbit mai înainte. Acestea sînt mai evidente atunci cînd, în cazul acestor pete unipolare, își face apariția și cel de-al doilea pol magnetic. Care este cauza și care este legea care dirijează aceste fenomene? Încă nu știm — dispunem de puține observații în acest sens. Iar secțiunile specializate pe probleme solare ale acelorași grupări de astronomi amatori așteaptă cît mai multe contribuții în acest domeniu.

Și acum, trecînd la unele generalități, ar trebui să subliniez faptul că, așa cum s-ar putea desprinde și din cele spuse pînă acum, astronomii amatori constituie efectiv sprijinul de nădejde și de mare eficiență al profesioniștilor. Fără a se ridica la nivelul acelor specialiști care sintetizează documentele observaționale (ceea ce necesită o înaltă pregătire de specialitate), astronomii amatori sînt „adevărate albine care adună” un uriaș material faptic. Este materialul de bază al gigantului edificiu al cunoașterii umane în domeniul Universului; este materialul pe care se întemeiază proiectele tot mai îndrăznețe ale umanității pentru cunoașterea, explorarea și exploatarea Cosmosului — uriașă realizare a umanității contemporane.

Și acum cîteva sfaturi pentru astronomii amatori:

În primul rînd nu neglijați informarea și documentarea corespunzătoare — deci nu neglijați indicațiile bibliografice, atît cele pe care le veți găsi aici în anexă, cît și cele publicate în diferitele apariții de pînă acum, sau viitoare. *Laboratorul...* este doar o carte, nu o enciclopedie de la A la Z! Obișnuiți-vă să vă faceți fișe pentru principalele subiecte care vă atrag, pentru a avea oricînd la dispoziție elementele necesare.

Procedați de așa manieră încît să faceți nu numai observații, dar și sinteze, analize critice obiective ale datelor observaționale, eliminînd fără prea multă vorbă elementele evident discordante și care se văd că nu se încadrează în contextul celorlalte observații. Manifestați în permanentă

un spirit critic față de rezultatele voastre — construcții, observații etc. — și străduiți-vă să faceți totul cît mai bine, pentru a elimina cauzele erorilor.

Nu vă lansați în lucrări care depășesc posibilitățile voastre. Dacă vreți să șlefuiți o oglindă de 500 mm diametru (elementele date aici sînt aplicabile și pentru astfel de oglinzi), gîndiți-vă că montura ar trebui să aibă minimum $800-1000$ kg fără să mai vorbesc de necesitatea unui spațiu corespunzător, a unei cupole de $4-5$ m diametru etc. Adresați-vă cu încredere observatoarele astronomice specializate din țara noastră, complexelor și observatoarelor astronomice populare. !!!

Poate, ajunși la sfîrșitul acestei cărți, veți spune că titlul ei nu este chiar cel mai potrivit: în loc de astrofizică, m-am oprit mai mult asupra construcțiilor și asupra problemelor astronomiei matematice. În acest sens, am ținut cont de faptul că, în fond, astrofizica se practică cu instrumente și pe baza unor elemente matematice bine definite. Iată de ce am preferat să dau aici unele soluții pentru *bazele* astrofizicii, ca să aveți cu ce începe *practica* astrofizică. De-abia după ce v-ați realizat aparatura strict necesară puteți trece efectiv la studiul cu caracter astrofizic; or, am considerat necesar să accentuez această latură a autodotării, dîndu-vă în continuare datele fundamentale referitoare la practica astrofizică — restul veți descoperi singuri, prin *aplicații* care nu au nevoie de descrieri. Iată motivația pentru care m-am oprit, poate, la unele considerente de bază, rezultate ca necesare, din practica de peste patru decenii...

Ce să vă mai spun acum? Aș fi deosebit de mulțumit dacă aș primi diferite vești de la voi — de la păreri despre cele scrise, pînă la observații și alte lucrări pe care le veți face, inclusiv elemente cu caracter critic față de cele spuse în cuprinsul acestui volum, pe adresa:

„Complexul Astronomic Popular Bacău”
STR. TROTUȘ NR. 8-10
5500 Bacău

Voi încerca să vă ajut — o indicație în plus, o părere despre lucrările voastre...

ANEXA 1

OBSERVATOARE ASTRONOMICE
IN REPUBLICA SOCIALISTA ROMANIAa) Observatoare astronomice specializate

1. Centrul de Astronomie și Științe Spatiale. 75 212 București, str. Cuțitul de Argint nr. 5, sector 4.
2. Observatorul astronomic al Universității „Babeș-Bolyai” Cluj-Napoca Str. Cireșilor nr. 19. Cod 3400
3. Observatorul astronomic al Universității „Al. I. Cuza”. Iași, aleea Sadoveanu nr. 5.
4. Observatorul astronomic al Universității Timișoara, piața Axente Sever nr. 3.

b) Observatoare astronomice populare

1. Observatorul astronomic popular Bacău (planetariu, observator astronomic, stație de observații solare, expoziție astronomică). Str. Troțuș nr. 8—10, Bacău.
2. Cabinetul metodologic de educație materialist — științifică București (observator astronomic, stație solară, expoziție complexă). Bd. Ana Ipătescu nr. 21, sector 1, București.
3. Observatorul astronomic popular Baia Mare (planetariu, observator astronomic, stație solară, expoziție astronomică). Str. George Coșbuc nr. 16, Baia Mare.
4. Observatorul astronomic popular Constanța (planetariu, observator astronomic, stație solară, expoziție astronomică). Bd. Lenin nr. 265, Constanța.
5. Observatorul astronomic popular Slatina (observator astronomic). Str. Ionașcu nr. 73, Slatina.
6. Observatorul astronomic popular Suceava (planetariu, observator astronomic, expoziție). Str. Emil Bodnăraș nr. 13 A, Suceava.

ANEXA 2

TURBULENȚA ATMOSFERICĂ

Califica-tivul	Aspectul imaginii stelare	Calitatea
10	Toate inelele de difracție sînt imobile și se văd deosebit de clar	Perfectă (ideal)
9	Discul de difracție este precis conturat. Inelul interior de difracție este imobil, iar cel de al doilea din cînd în cînd imobil.	Excelentă
8	Discul de difracție se vede tot timpul, clar și precis conturat. Se mișcă arce ale cîtorva inele de difracție	Excelentă
7	Discul de difracție se vede clar din cînd în cînd. Arce ale inelelor de difracție se mișcă continuu.	Bună
6	Discul de difracție și arce scurte ale inelelor de difracție se văd continuu.	Bună
5	Discul de difracție se vede continuu. Arce ale inelelor de difracție se văd des.	Potrivită
4	Discul de difracție se vede deseori. La stele luminoase se văd uneori arce ale inelelor de difracție.	Potrivită
3	Discul de difracție este invizibil. Imaginile stelelor au diametrul celui de al treilea inel de difracție.	Rea
2	Diametrul imaginilor depășește uneori diametrul celui de al treilea inel de difracție.	Foarte rea
1	Imaginile stelelor, de două ori mai mari decît cel de al treilea inel de difracție, apar ca niște pete.	Inutilizabilă

ANEXA 3

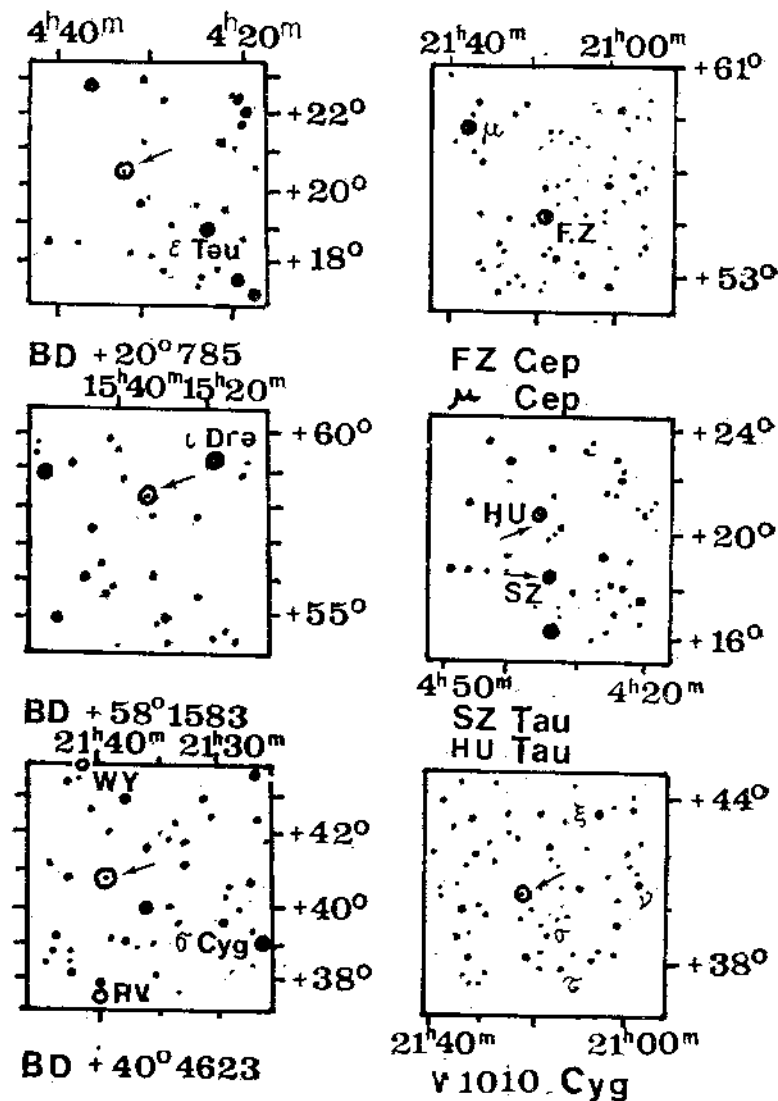
STELE VARIABLE INSUFICIENT OBSERVATE

Steaua	m_v	Coordonate ecuatoriale	Ampli- tudină	Observații
BD + 20,785	6 ^m ,0	04 ^h 32 ^m 22 ^s +20°30'	0 ^m ,8	Variabilă cu eclipsă. Perioadă = = 2,056288 z.
BD+58°,1583	6,3	15 36 56 +58 14	0,8	Var. neregulată ?
BD+40 4623	5,1	21 39 05 -40 42	0,8	Var. neregulată ?
FZ Cefe	8,5-9,1	21 16 42 +55 02	0,6	Semiregulată
μ Cefe	3,6-5,1	21 40 27 -58 19	1,5	Semiregulată
SZ Taurul	7,1-7,7	04 31 26 +18 20	0,6	Cefeidă ; perioada = 3,148871 zile
HU Taurul	6,0-6,8	04 32 22 +20 29	0,8	Variabilă cu eclipsă - perioada = = 2,056297 z.
V 1010 Lebăda	6,7-7,7	21 18 56 +40 30	1,0	Semiregulată

Hărțile care însoțesc datele din lista de stele variabile insuficient observate, nu cuprind nici indicații exprese pentru stele de comparație și nici magnitudini ale acestora. Pentru observații se vor alege de fiecare observator stelele de comparație cele mai potrivite, stabilindu-se și diferențele de strălucire între acestea, în unități arbitrare, care să exprime numai diferențele de magnitudini.

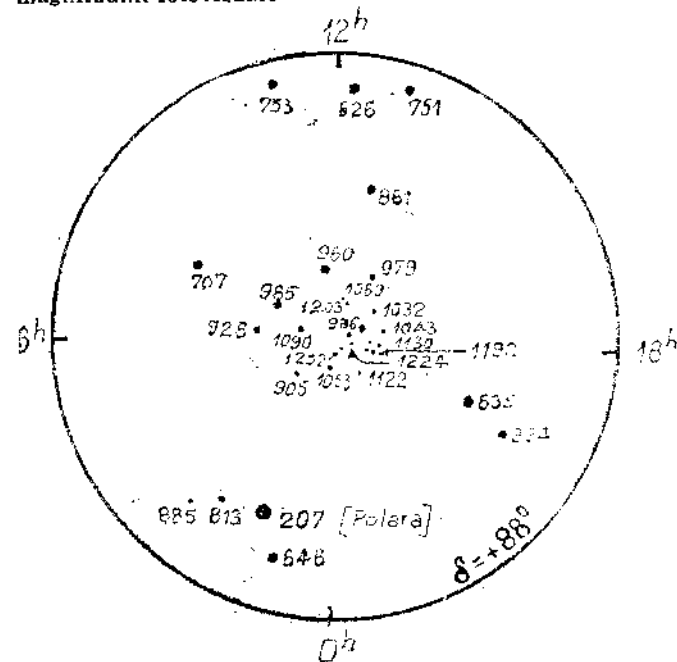
ANEXA 4

HĂRȚILE STELELOR VARIABLE INSUFICIENT OBSERVATE



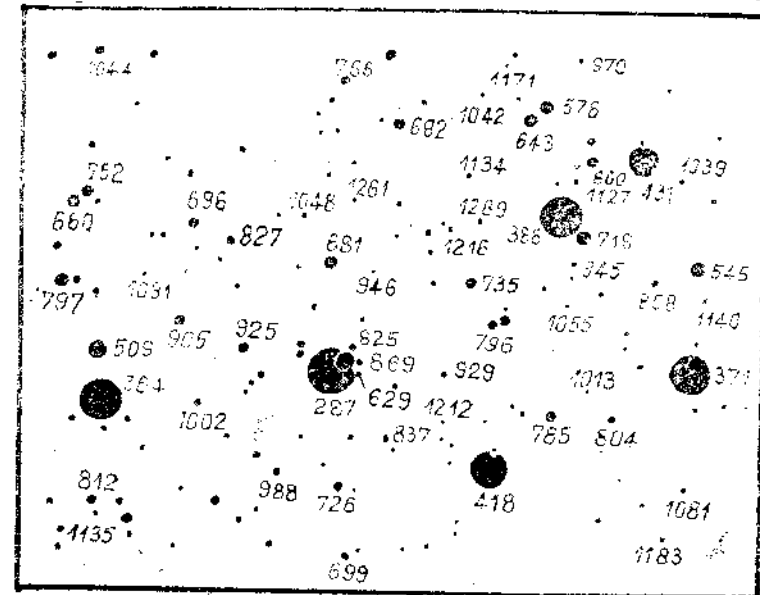
ANEXA 5
SECVENȚA POLARĂ NORD

magnitudini fotovizuale



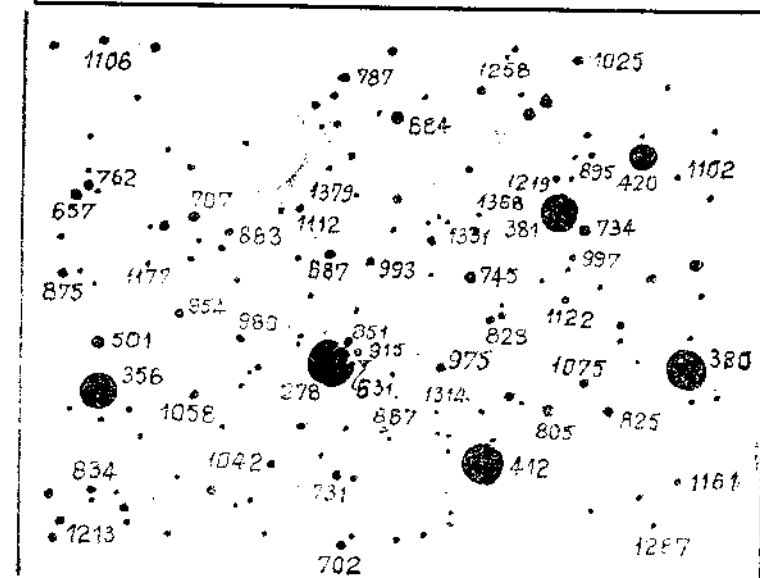
magnitudini vizuale

ANEXA 6
M.45 PLEIADELE

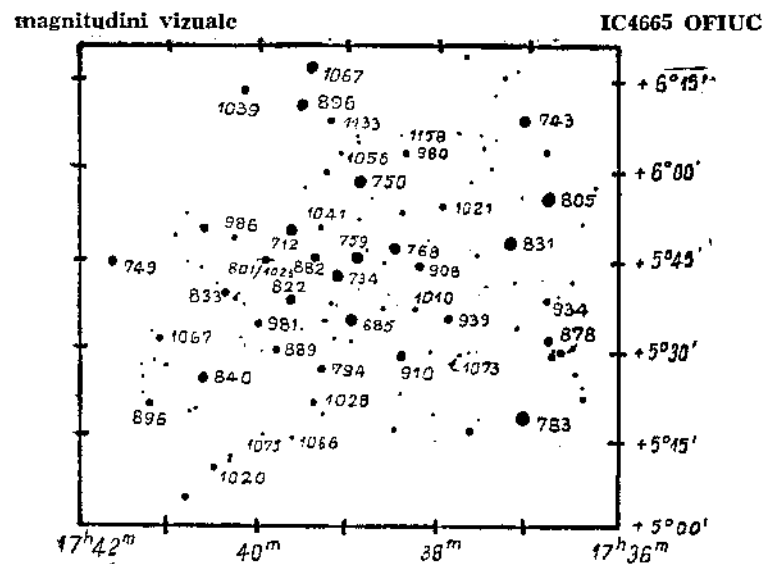
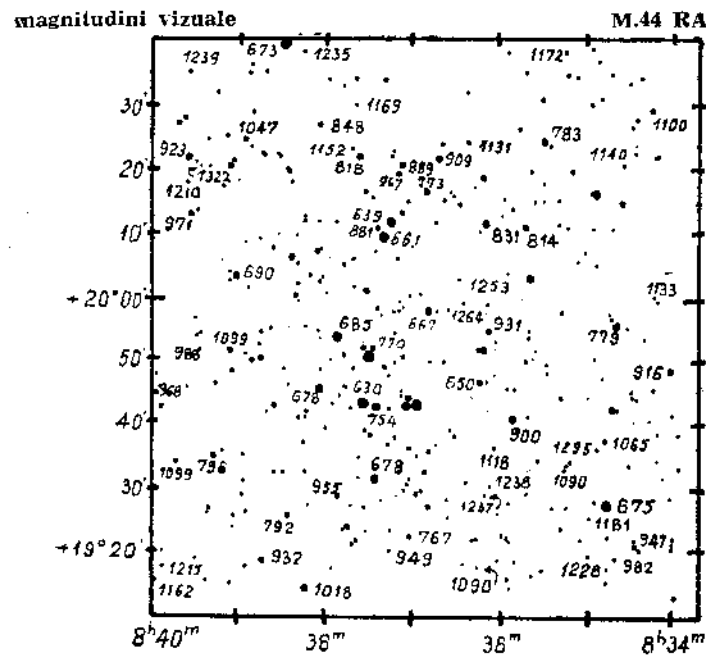


magnitudini fotografice

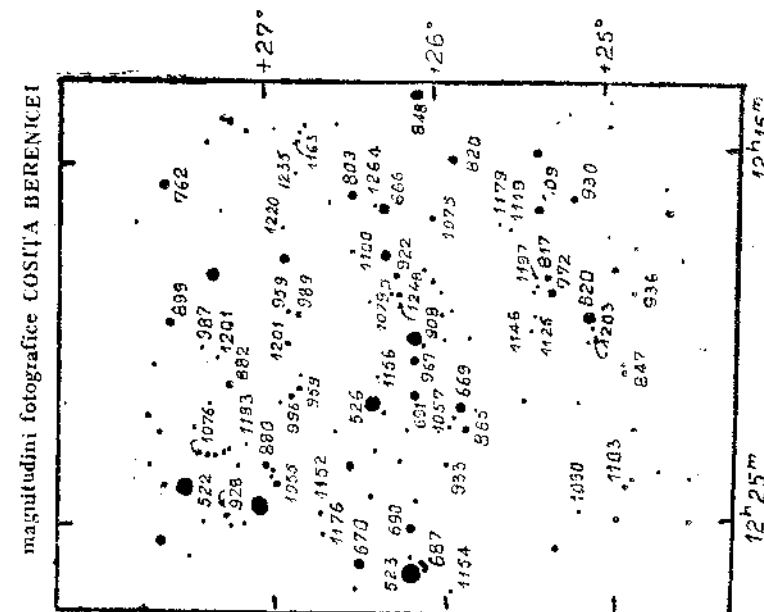
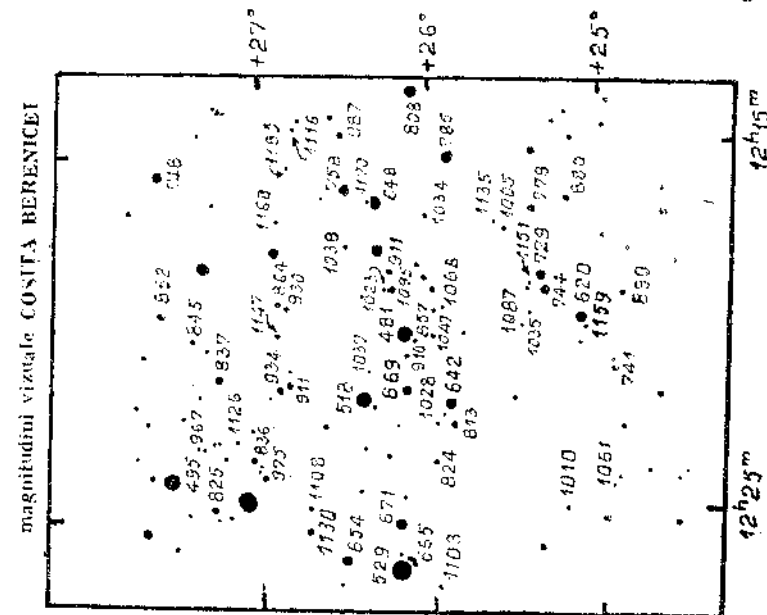
M.45 PLEIADELE



M.44 RACUL



ANEXA 8



◆ colecția cristal ◆

257

TRANSFORMAREA TIMPULUI SIDERAL ÎN TIMP MILOCIU

(Argument : timp sideral)

Ore	Corecție	Min	Corecție	Min	Corecție	Sec	Corecție	Sec	Corecție
0 ^h	0 ^m 00 ^s ,00	0 ^m	0 ^s ,00	30 ^m	-4 ^s ,92	0 ^s	0 ^s ,00	30 ^s	-0 ^s ,08
1	- 09,83	1	-0,16	31	5,08	1	0,00	31	0,09
2	19,66	2	0,33	32	5,24	2	-0,01	32	0,09
3	29,49	3	0,49	33	5,41	3	0,01	33	0,09
4	39,32	4	0,66	34	5,57	4	0,01	34	0,09
5	49,15	5	0,82	35	5,73	5	0,01	35	0,10
6	-0 58,98	6	-0,98	36	-5,90	6	-0,02	36	-0,10
7	1 08,81	7	1,15	37	6,06	7	0,02	37	0,10
8	1 18,64	8	1,31	38	6,23	8	0,02	38	0,10
9	1 28,47	9	1,47	39	6,39	9	0,02	39	0,11
10	1 38,30	10	1,64	40	6,55	10	0,03	40	0,11
11	-1 48,13	11	-1,80	41	-6,72	11	-0,03	41	-0,11
12	1 57,96	12	1,97	42	6,88	12	0,03	42	0,11
13	2 07,78	13	2,13	43	7,05	13	0,04	43	0,12
14	2 17,61	14	2,29	44	7,21	14	0,04	44	0,12
15	2 27,44	15	2,46	45	7,37	15	0,04	45	0,12
16	-2 37,27	16	-2,62	46	-7,54	16	-0,04	46	-0,12
17	2 47,10	17	2,69	47	7,70	17	0,05	47	0,13
18	2 56,93	18	2,95	48	7,86	18	0,05	48	0,13
19	3 06,76	19	3,11	49	8,03	19	0,05	49	0,13
20	3 16,59	20	3,28	50	8,19	20	0,06	50	0,14
21	-3 26,42	21	-3,44	51	-8,36	21	-0,06	51	-0,14
22	3 36,25	22	3,60	52	8,52	22	0,06	52	0,14
23	3 46,08	23	3,77	53	8,68	23	0,06	53	0,14
24	-3 56,91	24	3,93	54	8,85	24	0,07	54	0,15
		25	4,10	55	9,01	25	0,07	55	0,15
		26	-4,26	56	-9,17	26	-0,07	56	-0,15
		27	4,42	57	9,34	27	0,07	57	0,16
		28	4,59	58	9,50	28	0,08	58	0,16
		29	-4,75	59	-9,67	29	-0,08	59	-0,16

TRANSFORMAREA TIMPULUI MILOCIU ÎN TIMP SIDERAL

(Argument : timp mijlociu)

Ore	Corecție	Min	Corecție	Min	Corecție	Sec	Corecție	Sec	Corecție
0 ^h	0 ^m 00 ^s ,00	0 ^m	0 ^s ,00	30 ^m	+4 ^s ,93	0 ^s	0 ^s ,00	30 ^s	+0 ^s ,08
1	+ 09,86	1	+0,16	31	5,09	1	0,00	31	0,09
2	19,71	2	0,33	32	5,26	2	+0,01	32	0,09
3	29,57	3	0,49	33	5,42	3	0,01	33	0,09
4	39,43	4	0,66	34	5,59	4	0,01	34	0,09
5	49,28	5	0,82	35	5,75	5	0,01	35	0,10
6	+0 59,14	6	+0,99	36	+5,91	6	+0,02	36	+0,10
7	1 09,00	7	1,15	37	6,08	7	0,02	37	0,10
8	1 18,85	8	1,31	38	6,24	8	0,02	38	0,10
9	1 28,71	9	1,48	39	6,41	9	0,03	39	0,11
10	1 38,57	10	1,64	40	6,57	10	0,03	40	0,11
11	+1 48,42	11	+1,81	41	+6,74	11	+0,03	41	+0,11
12	1 58,28	12	1,97	42	6,90	12	0,03	42	0,12
13	2 08,13	13	2,14	43	7,06	13	0,04	43	0,12
14	2 17,99	14	2,30	44	7,23	14	0,04	44	0,12
15	2 27,85	15	2,46	45	7,39	15	0,04	45	0,12
16	+2 37,70	16	+2,63	46	+7,56	16	+0,04	46	0,13
17	2 47,56	17	2,79	47	7,72	17	0,05	47	0,13
18	2 57,42	18	2,96	48	7,89	18	0,05	48	0,13
19	3 07,27	19	3,12	49	8,05	19	0,05	49	0,13
20	3 17,13	20	3,29	50	8,21	20	0,06	50	0,14
21	+3 26,99	21	+3,45	51	+8,38	21	+0,06	51	+0,14
22	3 36,84	22	3,61	52	8,54	22	0,06	52	0,14
23	+3 46,70	23	3,78	53	8,71	23	0,06	53	0,15
24	+3 56,56	24	3,94	54	8,87	24	0,07	54	0,15
		25	4,11	55	9,04	25	0,07	55	0,15
		26	+4,27	56	+9,20	26	+0,07	56	+0,15
		27	4,44	57	9,36	27	0,07	57	0,16
		28	4,60	58	9,53	28	0,08	58	0,16
		29	+4,76	59	+9,69	29	+0,08	59	+0,16

ANEXA 11

**STELE DOBLE PENTRU TESTAREA PUTERII SEPARATOARE
A INSTRUMENTELOR ASTRONOMICE**

Stema	Distanță între com- ponente [sec. de arc]	Magnitudini		Observații
		m_1	m_2	
γ Ofiuc	0,4	3 ^m ,2	3 ^m ,5	Test pentru 30 cm diame- tru
ω Ieul	0,5	6,0	6,7	Test pentru 25 cm diame- tru
γ Taurul	0,6	6,6	6,7	Dificilă pentru 20 cm diametru
ϵ Orion	0,7	5,9	6,6	Etalon pentru 20 cm diametru de calitate nor- mală
δ Cassiopeia	0,7	4,8	6,5	Distanța crește încet
β Orion	0,9	4,6	5,9	Test pentru 15 cm diame- tru
δ Vărsătorii	1,0	6,4	7,2	
ϵ Calul mare	1,1	5,9	6,2	
γ Orion	1,5	3,7	5,1	
δ Lynxul	1,7	5,4	6,0	
ζ Vărsătorii	1,8	4,0	4,5	Test pentru 7,5 cm diame- tru

Pentru testarea puterii separatoare se va căuta o scară cu turbulență redusă, steaua observată fiind pe cât posibil spre meridian. Se va utiliza un ocular puternic—de cel puțin 2 D (dublul diametrului obiectivului exprimat în milimetri) și chiar mai puternic. Testul se consideră trecut, dacă discurile de difracție ale celor două componente sînt separate pe cel puțin 3/4 din diametrul lor, adică se observă faptul că sînt secante.

ANEXA 12

**DENUMIRILE DIFERITELOR DETALII INDICATE PRIN CIFRE
PE HARTA PLANETEI MARTE**

(v. figura 6.4)

Număr pe hartă	Denumirea	Număr pe hartă	Denumirea
1	Electris	21	Aurorae Sinus
2	Eridania	22	Solis Lacus
3	Ausonia	23	Elysium
4	Mare Hadriacum	24	Utopia
5	Hellas	25	Arabia
6	Hellasplontus	26	Mare Acidaliarum
7	Noachis	27	Niliacus Lacus
8	Argyre	28	Arcadia
9	Mare Australe	29	Amazonis
10	Aonius Sinus	30	Scandia
11	Phaetontis	31	Mare Erythraeum
12	Mare Sirenum	32	Nilokeras
13	Mare Cimmerium	33	Tempe
14	Mare Tyrrhenum	34	Mare Boreum
15	Iapigia	35	Dioscoria
16	Syrtis Major	36	Cydonia
17	Pandorae Fretum	37	Oxia Palus
18	Deucalionis Regio	38	Inventae Fons
19	Sinus Sabaeus	39	Tithonius Lacus
20	Margaritifer Sinus	40	Nix Olympica

RECOMANDĂRI BIBLIOGRAFICE

1. Alexescu, M. *Cerul, o carte pentru teji*. Editura Albatros, colecția Cristal, București, 1974.
2. Alexescu, M. *De la Pământ la stele*. Enciclopedia practică a copiilor, vol. VI, pag. 3—117. Editura Ion Creangă, București, 1983.
3. Anestin, V. *Cum să înveți stelele*. Institutul de Editură și Arte Grafice „Flacăra”, București, 1913.
4. Demotiescu, G. *Curs de astronomie generală*. Editura Universității din București, 1948.
5. Drămbă, C. *Elemente de mecanică cerească*. Editura Tehnică, București, 1958.
6. Kulikovski, P. *Spravochnik astronomii ljubitelja* (Călăuză astronomului amator). Gostehizdat, Moskva 1961.
7. Ley, W. *Observatorii cerului*. Editura Tineretului, București, 1968.
8. Marcus, E. *Date recente asupra planetelor mari*. În: *Anuarul Observatorului din București*, Editura Academiei R.S. România, București, 1975.
9. Nadolschi, V. *Observații astronomice de amatori*. Editura Științifică, București, 1961.
10. Nadolschi, V. *Astronomie generală*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1963.
11. Nadolschi, V. *Construiri un telescop*. Editura Tineretului, București, 1965.
12. Nadolschi, V., Alexescu, M. *Cu mijloace simple, observații astronomice*. Editura Științifică, București, 1965.
13. Nadolschi, V. *Asteroidi și comete*. Editura Albatros, colecția Cristal, București, 1971.
14. Navașin, V. *Teleskop astronomii ljubitelja* (Telescopul astronomului amator). Izdatelstvo „Nauka”, Moskva, 1979.
15. Scurtu, V. *Observatorul astronomului amator*. Editura Științifică și Enciclopedică, colecția „Știința pentru toți” nr. 119, București, 1980.

16. Saronov, V. *Soarele și observarea lui*. Editura Tehnică, București, 1953.
17. Todoran, I. *Cartea astronomului amator*. Editura Albatros, colecția Cristal, București, 1983.
18. Todoran, I. *Cît mai aproape de stele*. Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1977.
19. Țîfrea, E. *Soarele*. Editura Științifică și Enciclopedică, colecția „Știința pentru toți”, București, 1978.
20. Ureche, V. *Astronomie generală*. Universitatea „Babeș-Bolyai”, Cluj-Napoca, 1975.
21. Ureche, V. *Astrofizica azi*. Editura Științifică și Enciclopedică, colecția „Știința pentru toți”, București, 1978.
22. * * * *Anuarul astronomic*. Centrul de Astronomie și Științe Spațiale Editura Academiei R. S. România, București, (anual).

CUPRINS

Capitolul I Astrofizica -- legi simple, fenomene complexe	5
Capitolul II Un minim de cunoștințe	15
Capitolul III ... și un instrument de bază	41
Capitolul IV Astrografe și hărți stelare	85
Capitolul V De la observator, în cabinetul de lucru	101
Capitolul VI Prelucrări, sinteze sau... ce facem cu observațiile ?	130
Capitolul VII Întâlnire cu viitorul... sau calculul orbitelor și al efemeridelor	173
Capitolul VIII Eclipse și ocultații	195
Capitolul IX În loc de încheiere	245
Anexe: 1. Observatoare astronomice în R. S. România (250); 2. Turbulența atmosferică (251); 3. Stele variabile insufi- cient observate (252); 4. Hărțile stelelor variabile insufi- cient observate (253); 5. Magnitudini fotovizuale în Ser- vența Polară Nord (254); 6. Magnitudini (vizuale și fotografice) în M. 45 Pleiadele (255); 7. Magnitudini vizuale în M. 44 Racul și în IC 4665 Ofiuc (256); 8. Magnitudini vizuale și fotografice în Coșta Berenicei (257); 9. Trans- formarea timpului sideral în timp mijlociu (258); 10. Trans- formarea timpului mijlociu în timp sideral (259); 11. Stele duble pentru testarea puterii separatoare a instrumentelor astronomice (260); 12. Denumirile diferitelor detalii indica- te prin cifre pe harta planetei Marte (261)	
Recomandări bibliografice	262

Bun de tipar 23. 03. 1986 Apărut 1986
Comanda nr 2 648 Coi de tipar 16.5



Tiparul executat sub comanda nr. 49
la Întreprinderea Poligrafică IAȘI
Str. 7 Noiembrie nr. 49 IAȘI
REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

In memoria marelui om,
astronom și popularizator român
Matei Alexescu. Ianuarie 2003,
10 ani de la trecerea între stele.

Scanata de Ovidiu Vaduvescu
Mississauga ON Canada 2002